

DES MOYENS

DE SOUSTRAIRE

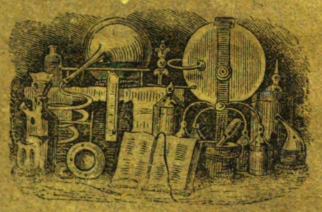
L'EXPLOITATION

DES MINES DE HOUILLE

AUX CHANCES D'EXPLOSION.

RECUEIL

DE MÉMOIRES ET DE RAPPORTS PUBLIÉ PAR L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE BRUXELLES.



BRUXELLES,
M. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE.
RUE DE L'ORANGERIE, N° 16.

1840.

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS.

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

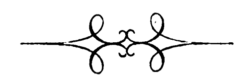
MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS,

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE.

COLLECTION IN-8°. — TOME I.



BRUXELLES,

M. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE.

—

1840.

ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES ET BELLES-LETTRES DE BRUXELLES.

CONCOURS DE 1840.



SUR LA QUESTION

RELATIVE AUX

EXPLOSIONS DANS LES MINES.

L'Académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles a, dans son programme pour le concours de 1840, proposé la question suivante :

Rechercher et discuter les moyens de soustraire les travaux d'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion. — Les concurrents rechercheront en outre un moyen sûr et d'une application facile de pénétrer au loin, de séjourner, de s'éclairer et d'agir librement dans les galeries souterraines envahies par un air vicié.

Par arrêté du 22 juin 1839, le Roi, sur le rapport de M. Nothomb, ministre des travaux publics, a ajouté une

somme de *deux mille* francs au prix fondé par l'académie pour le meilleur mémoire sur cette question ; et M. le ministre des travaux publics a informé depuis l'académie que, la législature ayant voté au budget de son département une somme pour la publication de plans et de mémoires relatifs à l'art de l'exploitation, il ne croyait pas pouvoir faire un meilleur usage de la latitude laissée au gouvernement, que d'offrir à la compagnie de contribuer à l'impression de quelques-uns des mémoires relatifs aux moyens de prévenir les explosions dans les mines, au cas où plusieurs de ces mémoires seraient jugés dignes de cette faveur.

L'académie a reçu quatorze mémoires en réponse à la question rappelée ci-dessus. Dans sa séance générale du 6 mai 1840, elle a pris connaissance du rapport ci-après de M. Cauchy, l'un des commissaires chargés de l'examen de ces mémoires ; et, après avoir entendu ses autres commissaires, MM. D'Omalius, Dumont et Dehemptinne, elle a décidé qu'elle n'accorderait pas de prix, mais que trois médailles d'or de 800 fr. chacune seraient offertes aux auteurs des mémoires n[os] 11, 13 et 7, et deux médailles d'argent aux auteurs des mémoires n[os] 3 et 10 ; elle a, en outre, voté l'impression de ces cinq mémoires et celle du rapport de la commission instituée à Liége, pour l'essai des lampes des mines, conformément aux conclusions du rapport suivant de M. Cauchy.

Lorsque l'académie a proposé la question précédente, il n'existait point encore, que je sache, de traité spécial sur

l'aérage et sur l'éclairage des mines. Les notions que l'on possédait, sur cette partie si importante de l'exploitation, étaient disséminées dans des ouvrages qui ne la traitaient que d'une manière secondaire et toujours assez incomplète; les personnes qui s'occupent, par devoir ou par état, de cette branche d'industrie, en étaient donc à peu près réduites à suivre les errements que leur avaient légués leurs devanciers, dans chaque genre et dans chaque groupe de mines, ou des systèmes qui ne leur inspiraient pas toujours une entière confiance; sauf à modifier les uns et les autres, lorsque ces désastreux événements, qui déciment trop souvent l'intéressante classe des mineurs, venaient les avertir qu'ils ne devaient point se livrer à une trompeuse sécurité.

Les mémoires et le traité sur l'aérage, que M. Combes a publiés depuis, ont comblé en grande partie cette lacune. En appliquant à la théorie de la conduite de l'air, dans les travaux souterrains, les principes de la physique et de la mécanique, en soumettant au contrôle de l'observation, du raisonnement et du calcul, les données que fournit la pratique, cet habile professeur a déblayé la route que doivent suivre désormais tout ceux qui essaieront de compléter ses recherches, y a planté tous les jalons sur lesquels ils doivent se diriger, et ne leur a guère laissé d'autre soin que celui d'aplanir les légères aspérités qui en couvrent encore quelques parties.

Ces réflexions germaient dans mon esprit, bien avant que je n'eusse entrepris l'examen des quatorze mémoires ou notes que l'académie a reçus, en réponse à la troisième question de la classe des sciences; et la conséquence que je devais naturellement en tirer, c'est qu'il n'y aurait probablement pas lieu de décerner le prix qu'elle a offert aux

concurrents, et auquel le Roi a, sur la proposition de M. Nothomb, alors ministre des travaux publics, ajouté une somme de fr. 2000; la lecture attentive de ces écrits n'a point modifié cette opinion. Je vais présenter brièvement les observations qu'elle m'a suggérées, en suivant l'ordre de leur réception, qui est aussi celui dans lequel je les ai examinés.

I. Mémoire ayant pour épigraphe :

Aide-toi, et Dieu t'aidera.

Le moyen proposé par l'auteur de ce mémoire consiste à enfermer chacun des becs d'éclairage de la mine dans un globe de verre, à faire arriver dans ce globe : d'une part, du gaz hydrogène carboné préparé au jour; de l'autre, la quantité d'air atmosphérique nécessaire à la combustion de ce gaz, et à conduire les produits fluides élastiques de la combustion de chaque bec par un troisième tuyau montant jusqu'à la superficie du sol. Je ne m'arrêterai point à discuter les dispositions qu'il indique pour atteindre le but, ni à rechercher si elles sont les plus simples et les plus convenables que l'on puisse adopter, parce que ce système ne peut, je pense, être approuvé par aucun de ceux qui ont visité quelques travaux de mines. Peu de mots suffiront pour justifier cette assertion.

La condition essentielle est de préserver entièrement l'air d'une mine à grisou du contact des flammes destinées à éclairer les ouvriers. Pour obtenir cet isolement complet, dans le système proposé, il faut que les tubes conducteurs des gaz et les globes de verre qui entourent les becs soient hermétiquement fermés. Mais à combien de chances d'accident ne sont pas exposés ces tubes qui longent appa-

remment les parois des puits, des galeries, et surtout ces globes de verre qui seront certainement placés dans les galeries et aux tailles où un grand nombre d'ouvriers, entassés dans un petit espace, exécutent des travaux pénibles, dans une position gênante, pour détacher des blocs plus ou moins volumineux de roches, dont ils ne peuvent point toujours diriger la chute? En outre, les lumières ne peuvent point, dans une mine comme dans une manufacture, être établies à des points fixes ; elles doivent être déplacées assez souvent, et au moins tous les jours. Je ne conçois pas trop comment on pourra exécuter ces déplacements continuels, sans des frais considérables ou sans des chances inévitables d'explosion.

II. Mémoire sans épigraphe.

L'auteur, qui n'a que des notions très-superficielles de physique et de chimie, commence par citer les plus remarquables des prétendues vérités qu'il admet, afin, dit-il, qu'on puisse voir la cause et le fondement de ses inventions. Pour apprécier le mérite de celles-ci, il suffirait peut-être de rappeler une de ces vérités remarquables sur lesquelles il les fonde. « Le gaz oxygène, dit l'auteur, est très-répandu » dans les mines de charbon où il détonne souvent sous le » nom de *feu brisson.* » Je signalerai toutefois une invention prise au hasard dans la première de ses huit catégories, qui en renferment chacune plusieurs : « Comme on arrose » les rues en été, pour se protéger contre certaines maladies, » on devrait aussi essayer le même moyen dans les mines, » ce qui serait très-facile avec une pompe à feu, à l'aide de » laquelle un ou deux garçons feraient sortir de l'eau pure » et fraîche à travers une boule creuse qui a les trous si petits » comme les œils des plus fines aiguilles, afin que l'eau sor- » tisse comme la poussière du soleil. » Ces deux citations

suffisent pour prouver que cet écrit ne mérite pas la plus légère attention.

III. Mémoire ayant pour épigraphe :

Le génie est le triomphe des peuples.

et mémoire supplémentaire ayant pour épigraphe :

La prudence est la voie du salut.

Ces deux mémoires, rédigés avec méthode et clarté, par un homme qui a bien étudié son sujet, renferment quelques aperçus dont la publication pourrait être utile.

Dans le premier, l'auteur indique successivement les trois moyens d'aérage dont je vais donner une idée sommaire.

1. L'auteur prescrit la division de l'air en autant de courants qu'il y a de tailles; il motive bien son opinion, qu'admettent, depuis longtemps, toutes les personnes qui se sont occupées sérieusement de l'exploitation des mines, mais que repoussent encore quelques directeurs de houillères, les uns parce que ce système serait, selon eux, moins efficace que le système opposé, les autres parce que son application présente, dans certains cas, quelques difficultés, ou plutôt exige quelques dépenses dont ils exagèrent l'importance. Si donc l'auteur avait montré que ce dernier motif d'opposition est tout aussi spécieux que le premier, il aurait pu contribuer à propager une vérité que l'on voit à regret méconnue dans un assez grand nombre de nos houillères, et notamment dans quelques-unes de celles qui ont été récemment le théâtre d'événements dé-

plorables ; mais il n'a nullement envisagé la question sous ce point de vue.

De ce que les anciens travaux sont une source d'émanations de gaz inflammables et d'air vicié, l'auteur conclut qu'il faut faire sortir, mais non point entrer l'air, par le puits d'extraction. Il m'est impossible de comprendre les motifs d'un pareil changement au mode ordinaire de circulation de l'air ; et je pense que toutes les considérations qu'il fait valoir, pour appuyer cette idée, peuvent être invoquées par ceux qui veulent continuer à faire entrer l'air par le puits d'extraction, et à le faire sortir par celui dit d'aérage.

2. L'auteur essaie de faire une nouvelle application du principe sur lequel repose la construction des lampes de sûreté ; il donne le plan et la description d'un *foyer de sûreté* qui offre réellement, *en théorie*, les mêmes sécurités que les lampes dont les mineurs sont redevables à Davy ; mais l'auteur, ignorant sans doute l'inefficacité des toiles métalliques fortement chauffées, n'a point paré à toutes les difficultés qui en ont fait abandonner l'emploi autour des grands foyers d'aérage. Je dois pourtant à la vérité de déclarer qu'il en prévient une partie, en renouvelant ses foyers qu'il fait visiter, nettoyer et charger plusieurs fois par jour, hors de la mine, faisant ainsi une nouvelle application du principe par suite duquel on remonte au jour, dans quelques houillères bien conduites, toutes les lampes suspectes ou éteintes, sans jamais les ouvrir dans la mine, même au pied de la bure d'extraction par laquelle entre l'air, dans le système ordinaire.

L'auteur aurait-il prévu que ses foyers de sûreté ne donneront pas lieu à un très-grand dégagement de chaleur?

On est porté à le croire, lorsqu'on voit qu'il les multiplie, non-seulement dans les parties des travaux souterrains les plus favorables à leur action, mais encore à la surface du sol, au bas d'une cheminée qu'il met en communication avec la bure d'extraction.

Ici il a à résoudre une difficulté qui résulte de son système de conduite de l'air. A cet effet, il fait communiquer la bure d'extraction, par sa partie supérieure, avec une autre surmontée d'une cheminée; puis il ferme la première par un plancher présentant au centre deux soupapes semi-circulaires, garnies de peau de mouton, qui se soulèvent pour donner passage aux cuffats, et apparemment une ouverture constamment ouverte pour recevoir la corde. Mais il est facile de reconnaître que ce moyen de clôture serait insuffisant dans une mine où il règne quelque peu d'activité.

3. Le troisième moyen qu'il propose pour activer l'aérage est connu depuis longtemps: c'est celui qui consiste à injecter de la vapeur d'eau dans la cheminée d'aérage.

4. Le quatrième, aussi bon, mais aussi connu, consiste à amener l'air le plus près possible du front de taille.

Le second mémoire du même auteur a pour but principal de faire connaître une nouvelle lampe de sûreté dont il a joint un modèle: voici les dispositions principales par lesquelles elle diffère des appareils analogues proposés par MM. Roberts et Du Mesnil.

1. Le tube qui porte la mèche est soudé à celui qui sert de réservoir à l'huile, et celui-ci est constamment alimenté par un second tube renfermant une soupape à tige et renversé sur le premier dans lequel il s'emboîte. Cette disposition n'est point nouvelle, comme chacun le sait, mais son application aux lampes de sûreté est ingé-

nieuse et doit procurer tous les avantages que signale l'auteur.

2. L'air extérieur n'est admis autour de la mèche qu'après avoir traversé deux ou plusieurs toiles métalliques tendues horizontalement au-dessus d'un plateau plein, en cuivre, de manière à former un deuxième plateau assez étendu pour donner accès à une quantité d'air suffisante. L'auteur a supprimé les petits ajutages au moyen desquels MM. Roberts et Du Mesnil amènent l'air sur la mèche; mais ne perdra-t-il pas ainsi l'avantage d'interposer, entre la mèche et les parois de la lampe, une couche épaisse d'un mélange gazeux, impropre à l'entretien de la combustion? C'est ce que l'expérience seule pourra démontrer.

3. Au lieu de composer la partie inférieure de sa lampe d'un tube de verre, dans lequel est enchâssé un cylindre de toile métallique, comme Roberts l'a fait dans la sienne, ou d'un tube de verre garanti extérieurement par de simples tiges de fer, comme le fait M. Du Mesnil, l'auteur met le tube de verre dans le cylindre de toile métallique, place au-dessus un second cylindre en forte tôle, et surmonte celui-ci d'un cylindre en toile métallique. Il assure qu'il peut, au moyen de cette disposition, faire son cylindre de verre plus étroit, et augmenter ainsi l'intensité de la lumière qui était fort affaiblie dans la première des lampes à laquelle je compare ici celle de l'auteur. Il dit aussi que le verre brisé, fendillé, par une injection d'eau froide, a été maintenu dans son enveloppe de toile métallique, de sorte qu'il servait encore, après comme avant.

4. Il protége toutes les pièces de son appareil par un système de tiges de fer qu'il dispose adroitement, de manière à pouvoir fermer sa lampe avec autant de facilité que l'on ferme celles de Davy, et il dit qu'il a pu l'agiter, la

jeter par terre et l'y faire rouler dans tous les sens, sans l'éteindre et sans la briser.

Je le répète, il importe d'autant plus de soumettre cette lampe à des essais comparatifs avec celle de Du Mesnil, que notre confrère, M. Devaux, est occupé à perfectionner, que, s'il faut en croire l'auteur, sa lampe ne coûterait que fr. 4,50, tandis que celle de Du Mesnil en coûte 7, à Liége.

L'auteur présente ensuite plusieurs moyens pour pénétrer dans des parties de mines envahies par un air vicié; mais, comme il se borne à indiquer quelques perfectionnements à des systèmes connus, je crois inutile de m'occuper de cette partie du mémoire, à laquelle on n'a guère donné de développements.

IV. Mémoire, sans devise.

L'auteur qui est, dit-il lui-même, un simple amateur de chimie et d'expériences physiques, *sans en avoir la moindre théorie*, se borne à indiquer, d'une manière excessivement générale, la voie dans laquelle il faudrait entrer, selon lui, pour découvrir un *paragrisou.* Sa lettre n'étant point susceptible d'analyse, je crois être d'autant mieux autorisé à m'en abstenir que l'auteur s'est fait connaître.

V. Mémoire ayant pour épigraphe :

Divide, vinces.

« Ces lignes sont le chant du cygne d'un ancien mineur » qui a voué toute sa vie aux mines et qui s'estimerait infi» niment heureux si, au bout de ses jours, il pouvait encore » leur être utile. » Elles terminent la petite note dans laquelle l'auteur explique la manière dont il conçoit la possibilité d'*allumer,* par petites parties, le gaz inflammable des

houillères, au moyen du fluide électrique conduit par des fils métalliques présentant des solutions de continuité.

Il ne serait point difficile d'établir que l'adoption de ce système présenterait, dans la plupart des mines, des difficultés qui le feraient bientôt abandonner; mais il vaut mieux le saper par sa base, en rappelant que chaque étincelle électrique produira, dans le mélange détonnant, le même effet qu'une lampe allumée, c'est-à-dire déterminera une combinaison accompagnée de chaleur qui propagera, de proche en proche, la combustion dans tout le mélange explosif.

Le système de l'auteur est donc inadmissible, dans son principe comme dans son application.

VI. Mémoire ayant pour épigraphe:

Felix quem faciunt aliena pericula cautum.

C'est à la chimie que l'auteur de ce mémoire a demandé des armes contre le redoutable ennemi aux étreintes duquel le mineur ne peut pas toujours se soustraire. Admettant, comme un fait démontré, que le chlore décompose le gaz hydrogène carboné, sous l'influence de l'eau, il a imaginé un appareil dont il donne le dessin et la description, pour produire, dans les circonstances qu'il croit être les plus convenables, un dégagement de chlore humide au milieu d'une atmosphère chargée de gaz hydrogène carboné. Je crois inutile de discuter son procédé, puisque je dois faire ressortir l'erreur fondamentale dans laquelle est tombé le concurrent.

On connaît depuis longtemps l'action remarquable du chlore, à la température ordinaire, avec ou sans l'influence de la lumière, sur le composé CH^2, gaz oléfiant des chi-

mistes hollandais, gaz hydrogène dento- ou bi-carboné de la plupart des chimistes français, hydrogène carboné de Dumas, carbure dihydrique de Berzélius (*Tr. de ch.*, éd. de 1829), bi-carbure hydrique du même auteur (*Théorie des prop. chim.*, éd. de 1835); mais on sait aussi que ce gaz n'entre que pour une faible proportion dans le mélange de gaz détonnants qu'exhalent les mines de houille.

Ce mélange est essentiellement formé du composé CH^4, gaz hydrogène proto-carboné de la plupart des chimistes français, hydrogène demi- ou proto-carboné de Dumas, carbure tétrahydrique de Berzélius (*Tr. de ch.*, éd. de 1829), carbure hydrique du même auteur (*Théorie des prop. chim.*, éd. de 1835). L'action du chlore sur ce gaz, étudiée principalement par le docteur Henry (*Ann. ch. ph.*, t. XVIII, p. 72), est toute différente de celle qu'il exerce sur le premier composé. « On peut regarder comme certain, dit cet habile observateur, que l'action de la lumière est essentielle à l'action réciproque de ce gaz et du chlore. Toutefois, il n'est point nécessaire que le mélange soit exposé aux rayons directs du soleil; il suffit de la lumière d'un jour sombre et nuageux pour que l'absorption des deux gaz fasse des progrès rapides. » Mais il n'a observé aucune diminution de volume dans des mélanges, en différentes proportions, qu'il a examinés à divers intervalles, *pendant trente-neuf jours*, en opérant dans des bouteilles qu'il garantissait de la lumière avec des couvercles opaques, c'est-à-dire dans des conditions moins défavorables encore que celles qui se rencontrent dans les mines.

Mais, lors même que le chlore agirait aussi énergiquement, sur le gaz hydrogène carboné des houillères que sur le gaz oléfiant, on ne pourrait encore accorder à son intervention un degré de confiance suffisant que dans les cas de

production ordinaire du mélange détonnant ; et tout porte à croire qu'elle serait inefficace contre les *souffleurs* et contre tous les autres dégagements instantanés et abondants de ce mélange. La chimie, qui a rendu et qui rend encore, tous les jours, à toutes les branches de l'industrie, tant et de si éminents services, serait-elle donc impuissante contre le plus redoutable des fléaux auxquels est exposée une des classes les plus nombreuses de la population ouvrière de la Belgique? Et doit-elle abandonner entièrement à la mécanique la gloire de lui fournir les moyens de se mettre à l'abri de ses cruelles atteintes ?

Les considérations qui précèdent suffisent pour motiver l'opinion que le mémoire dont il s'agit ne peut être pris en considération.

VII. Mémoire ayant pour épigraphe :

> *Le génie de Davy, n'eût-il inventé que la lampe de sûreté, ce serait encore un titre suffisant à la reconnaissance du genre humain.*

Ce mémoire est un exposé très-complet, très-méthodique et très-clair, des principes de l'aérage et de l'éclairage des mines, et de tout ce qui a été proposé, tenté ou pratiqué pour les mettre à exécution. On conçoit, d'après cela, qu'il est impossible d'en donner une idée, même générale, dans un rapport, autrement qu'en y présentant une espèce de table des matières.

Le corps de l'ouvrage est divisé en trois parties.

Dans la première, l'auteur expose des considérations générales sur les causes et sur les effets des explosions, dans les mines de houille.

La seconde, qui traite des moyens propres à prévenir les

explosions, dans les mines de houille, est subdivisée en deux chapitres intitulés :

L'un : *moyens d'empêcher la formation des mélanges détonnants ;*

L'autre : *mesures propres à prévenir l'inflammation du grisou dans les mines de houille.*

La troisième partie est consacrée à l'examen des dispositions que l'on doit adopter, dans les mines sujettes au gaz inflammable, pour atténuer et réparer les effets des explosions.

Vient ensuite un *résumé général* qui présente, dans un ordre parfait, toutes les matières traitées précédemment.

Le mémoire est précédé d'un *avant-propos* et terminé par des *conclusions* qui ne déparent nullement le corps de l'ouvrage.

Mais, si ce beau mémoire ne laisse rien à désirer, sous le rapport des *recherches* dont l'auteur y a consigné le fruit, on peut encore regretter que les *discussions* auxquelles elles donnent lieu, de sa part, n'amènent pas une solution plus complète, plus décisive du problème. Après l'avoir lu, après l'avoir même relu, comme je l'ai fait, avec un nouveau plaisir, on restera encore indécis sur plusieurs points importants ; on n'adoptera point encore, avec une entière sécurité, un projet d'aérage pour une mine à grisou que l'on voudrait exploiter ; on demandera encore au praticien éclairé ce qu'il pense de tel et tel moyen que le théoricien nous présente comme bons, ou dont il préfère l'un à l'autre. Pour citer quelques exemples, à l'appui de cette opinion, je ferai observer qu'il en dit assez (p. 43 du manuscrit) pour faire proscrire les foyers d'aérage des mines à grisou ; et pourtant M. Combes, dont il invoque l'autorité, est revenu

de cet avis, peut-être un peu trop exclusif. Je dirai encore qu'attachant une importance probablement exagérée à la pression barométrique, qui retient, selon lui, plus fortement le gaz emprisonné dans les cellules de la houille et dans les cavités plus considérables qui le recèlent, il donne (p. 48 et 49) la préférence aux machines foulantes sur les aspirantes. Mais n'est-ce pas trancher un peu légèrement une question de cette nature, que d'en déduire la solution d'une manière tout à fait hypothétique d'expliquer le dégagement du grisou du sein de la houille?

La publication de ce mémoire rendrait, j'en suis convaincu, un service signalé aux personnes qui s'occupent de l'exploitation des mines, et pourrait ainsi exercer indirectement une grande influence sur les progrès de l'art; mais, comme il ne lui fait pas faire immédiatement un pas bien marqué, je ne pense pas qu'il y ait lieu de lui décerner le prix.

VIII. Mémoire ayant pour épigraphe :

La pratique fait naître la théorie.

Ce mémoire, rédigé par un homme qui connaît certainement très-bien l'exploitation des mines de houille du bassin de Liége, n'est guère, l'auteur en convient lui-même, à diverses reprises, que la paraphrase de celui de M. Combes. Il est d'ailleurs rédigé avec si peu d'ordre et de clarté, qu'il faudrait le relire plusieurs fois pour pouvoir l'analyser. Je me bornerai à en signaler quelques passages que j'ai notés, à une première lecture, et sur lesquels j'ai reporté une seconde fois mon attention.

Il avance (p.21) que, dans les mines de houille de Liége, on ne trouve guère de grisou qu'au-dessous de 200 mètres,

et qu'au-dessus de ce niveau, c'est de l'acide carbonique que l'on a rencontré. J'ai tout lieu de croire que c'est là une de ces erreurs qu'enfantent et que propagent des observations décevantes et un défaut de connaissances suffisantes des sciences qui se rattachent à l'exploitation des mines.

Il désapprouve (p. 27 et 52) l'emploi des machines pneumatiques, au moins pour les mines nouvelles; mais les motifs sur lesquels il appuie son opinion sont si faibles, qu'ils n'augmenteront probablement pas beaucoup le nombre de ceux qui la partagent.

Il rappelle, adopte et explique (p. 35 et 36) un fait assez généralement observé, savoir que, lors d'un coup de feu, l'inflammation du grisou se propage en amont, mais non point en aval, du courant d'air. Il dit (p. 59) que le même phénomène se manifeste dans la lampe de Davy, et base, sur cette observation intéressante, la construction d'une lampe de sûreté dont il donne un dessin et une description fort détaillée, mais qui rappelle trop, dans la principale de ses dispositions, la lampe de Roberts, pour que je la croie digne d'une attention bien sérieuse.

Il combat (p. 37) l'opinion de M. Combes sur la possibilité de faire servir les puits d'extraction à la sortie de l'air ; mais il ne fait qu'effleurer cette importante question.

Il conseille (p. 54 et 57) l'emploi du ventilateur qu'il propose; mais il ne donne aucune indication propre à le comparer avec les autres appareils de ce genre, et se borne à dire que les expériences en grand qu'il a faites, dans le courant de 1829, ne laissent aucun doute sur l'efficacité de ce moyen.

Tout bien considéré, ce mémoire, qui n'est point pourtant sans mérite, ne me paraît pas mériter les honneurs de l'impression.

IX. Mémoire sans devise et signé *expertus*.

Quoique l'auteur de ce mémoire ne se soit pas conformé strictement aux indications relatives au mode de présentation des réponses aux questions que propose l'académie, comme il ne se fait pas connaître, je pense qu'il n'est point absolument exclus du concours, et je crois en conséquence devoir rendre un compte succinct de son travail.

Il établit la ventilation par le procédé qu'il dit être dû à M. Taylor, et qui consiste à faire arriver, au fond du puits d'aérage, de la vapeur à haute tension produite par deux chaudières. Il n'est guère possible de révoquer en doute le parti que l'on peut tirer de la vapeur d'eau pour déterminer la formation d'un courant d'air, dans une mine, lorsqu'on fait attention que cette vapeur, à + 100° C, pèse à peine les deux tiers de l'air échauffé au même degré, sous le même volume; qu'elle ne peut se dépouiller que d'une petite partie de sa chaleur, dans un puits dont les parois sont d'une épaisseur indéfinie, et composées de roches qui conduisent très-mal la chaleur, et que, lors même qu'elle en perdrait assez pour se condenser, elle laisserait dégager une quantité énorme de calorique qui servirait immédiatement à accélérer le tirage. Il faut bien admettre pourtant que ce procédé présente quelque difficulté dans l'application ; car, s'il a été essayé, ce que j'ignore, il n'est encore employé, à ma connaissance, dans aucune mine. Quoi qu'il en soit, l'auteur reconnaissant qu'il ne l'a point inventé, et ne faisant connaître aucune observation, aucune régle qui puisse en propager, en faciliter, le moins du monde, l'adoption, on ne peut lui tenir aucun compte de cette simple citation.

Partant, ensuite, du principe qui méritait bien d'être

démontré, pour être admis, que *la difficulté de la ventilation ne s'accroît pas avec l'accroissement de distance, lorsque la puissance ventilatrice est un courant montant d'air léger ou une pompe aspirante, et que la conduite a au moins un mètre carré de section*, il propose un système d'exploitation au moyen duquel il prétend déhouiller, par une seule couple de bures, une surface de 500.000, et même de 2.000.000 mètres carrés. Il nous paraît inutile de réfuter un mode d'exploitation basé sur le principe énoncé, mais nullement démontré, et très-probablement erroné.

Ce mémoire, ne fût-il point entaché d'un défaut de formes, ne mériterait point, selon moi, une attention sérieuse.

X. Mémoire ayant pour épigraphe :

Le travail c'est la vie.

L'auteur de ce mémoire a eu l'idée d'appliquer, à l'aérage des mines, la *vis d'Archimède*, que M. Cagniard Latour a déjà imaginé d'employer comme machine soufflante, en la faisant tourner en sens contraire à celui qui ferait monter l'eau dans la vis. Ce moyen de déterminer ou d'activer le courant d'air dans les mines paraît d'autant plus digne d'attention, qu'il se rapproche davantage de celui que nous fournissent les ventilateurs auxquels on commence à accorder la préférence sur les cylindres à pistons, pour l'aérage des mines. Il n'est guère possible de méconnaître les avantages de la machine proposée, sous le rapport de la simplicité et de l'économie; mais il est permis de craindre qu'elle ne produise un refoulement de la masse d'air contenue dans la capacité qui renferme la vis, contre les pa-

rois de ce cylindre et celui des différentes parties de cet air les unes contre les autres, circonstance qui pourrait influer d'une manière fâcheuse sur son effet utile. L'auteur donne, pour l'apprécier, des calculs fondés sur une expérience ; mais on doit regretter qu'il n'ait pas expliqué, d'une manière plus détaillée et plus intelligible, le détail de cette expérience. Quoi qu'il en soit, la publication de ce mémoire devant avoir pour résultat un essai de la machine qui y est conseillée, pour la ventilation des mines, je n'hésiterai point à proposer cette publication.

XI. Mémoire ayant pour épigraphe :

> *Le travail fait la richesse des nations ; attachons-nous à conserver la vie de l'ouvrier, comme le plus précieux des trésors.*

Ce mémoire est divisé en trois chapitres.

Le premier nous offre un résumé des propriétés particulières et générales des fluides élastiques, dont la connaissance est nécessaire à l'intelligence de la théorie de l'aérage, et en outre, une discussion très-bien faite, mais peut-être un peu trop longue, du principe de la diffusion des gaz ; nous pensons, depuis longtemps, comme l'auteur, que l'on a trop généralisé ce principe, et qu'il n'est vrai que pour les fluides élastiques qui diffèrent peu de densités ou qui ont quelque affinité l'un pour l'autre.

Je pourrais aussi présenter quelques observations sur ce que l'auteur admet, d'après M. Peclet, relativement au pouvoir calorifique moyen de la houille ; mais, cette proposition incidente n'ayant qu'un rapport assez éloigné avec la question principale, je crois devoir passer immédiatement à l'examen du chap. II, qui est le plus important.

Il est intitulé : *Théorie générale de l'aérage.* Après

avoir rappelé, d'une manière très-succincte et très-claire, les principes généraux de l'aérage, qui sont aujourd'hui bien connus, l'auteur cherche à en tirer toutes les conséquences pratiques sur lesquelles on est loin jusqu'ici d'être d'accord ; à cet effet, il prend la formule que donne M. Peclet pour déterminer la vitesse de l'air pur dans les cheminées en terre cuite : et, après lui avoir fait subir quelques modifications qu'il justifie très-bien, il en obtient une bien plus simple et bien plus facilement applicable que celle de M. Combes. Pour en vérifier l'exactitude, il l'applique à quelques cas spéciaux, bien étudiés par M. Combes, et montre que les résultats qu'elle fournit sont très-voisins de ceux qu'a obtenus, par l'expérience, cet habile observateur.

Alors, faisant varier successivement les divers éléments d'activité du courant et de résistance des parois des conduits, il tire de sa formule une foule de résultats qu'il réunit dans un tableau dont il déduit les conditions générales d'un bon aérage. Cette partie du mémoire est la plus intéressante et contribuera puissamment, nous ne craignons pas de l'avancer, à fixer les incertitudes qui régnaient encore sur plusieurs points importants de l'établissement d'un bon système d'aérage. Ne pouvant la faire connaître par une analyse, nous nous bornerons à signaler une des conséquences les plus remarquables, en ce moment, auxquelles parvient l'auteur : c'est que les hautes cheminées dont on a coutume, en Belgique, de surmonter les puits dits d'aérage, ne sont point aussi inutiles que le pense M. Combes.

Le chapitre III a pour but d'exposer sa manière d'appliquer aux mines de houille de la Belgique, sujettes au dégagement du gaz hydrogène carboné, les principes de l'aérage développés dans le chapitre précédent ; il montre très-clai-

rement, en s'aidant au besoin de figures, comment, par une combinaison de puits et de galeries, on peut diviser l'air *en autant de courants qu'il y a de tailles, forcer ceux-ci à parcourir, sans jamais descendre,* toutes ces tailles ; et, en même temps que l'on dépouille celles-ci de leur mélange détonnant, utiliser ces gaz, spécifiquement plus légers que l'air, pour faciliter la marche des courants.

Examinant et discutant les divers moyens connus de chauffer artificiellement l'air, pour provoquer son mouvement continuel et suffisamment rapide dans les mines, l'auteur se prononce formellement en faveur de celui de M. Taylor, qui consiste à introduire de la vapeur d'eau à une assez grande profondeur (200 mèt. par exemple), dans les puits d'expiration.

L'auteur repousse, peut-être d'une manière trop exclusive, l'emploi des foyers d'aérage, même alimentés par de l'air pur. Les motifs sur lesquels il appuie son opinion, sont assurément fort plausibles; mais, comme ils ne peuvent avoir une exactitude mathématique, il aurait bien fait, selon moi, d'adoucir la rigueur de l'arrêt dont il frappe ces foyers; car c'est en industrie surtout que le mieux est souvent l'ennemi du bien.

Des considérations du même genre le portent à réduire le rôle des lampes de sûreté à celui d'indiquer, mais non de prévenir, le danger. Ce jugement, trop sévère, selon moi, est motivé, je le sais, sur des faits trop frappants pour qu'il soit encore possible de conserver aux lampes de Davy la confiance un peu aveugle qu'on leur avait accordée, malgré les avis du célèbre chimiste qui en a doté la population ouvrière des mines; mais, outre qu'elles préviennent réellement l'explosion, dans les circonstances ordinaires, il y a lieu d'espérer que, perfectionnées comme elles le sont ou

comme elles le seront bientôt, elles pourront rendre aux mineurs les plus éminents services.

L'auteur a, dans son système de conduite de l'aérage, une telle confiance, qu'il effleure à peine la partie de la question relative au moyen de pénétrer et de séjourner dans les parties des mines envahies par un air vicié. Qu'avait-il en effet besoin de s'en occuper, convaincu, comme il l'est, que, si même une détonation éclatait (ce qui lui paraît à peu près impossible) dans une mine aérée d'après ce système, rien n'empêcherait de pénétrer dans les travaux immédiatement après l'accident, et de porter secours aux ouvriers qui en auraient été les victimes?

En résumé, ce mémoire me paraît, sinon le plus remarquable, du moins le plus utile de tous ceux qui ont été présentés en réponse à la 3me question de la classe des sciences; et je n'hésiterais point à proposer d'accorder le prix à son auteur, si l'académie n'accueillait pas les considérations générales qui me portent à croire qu'il n'y a plus lieu de décerner ce prix, depuis la publication des mémoires de M. Combes sur l'aérage des mines.

XII. Mémoire sans épigraphe.

Ce mémoire se distingue par l'élégance du style, plutôt que par la netteté des idées; par son étendue, plutôt que par sa profondeur; par la variété, plutôt que par la solidité des connaissances dont l'auteur y fait preuve, en matière d'exploitation. Il est divisé en cinq chapitres :

Les deux premiers sont modestement présentés par l'auteur comme de simples notes historiques sur les deux parties bien distinctes de la question proposée par l'académie, mais ne laissent pas de renfermer des discussions qu'on lit avec plaisir, lors même qu'on n'adopte point les conclusions qu'en tire l'auteur. Cette première moi-

tié du mémoire en est, selon nous, la plus intéressante, et nous en aurions peut-être proposé l'impression, si nous ne trouvions pas, dans le mémoire n° VII, un historique bien plus complet de cette partie importante de l'exploitation des mines, en même temps qu'une discussion bien plus approfondie des moyens propres à les aérer.

Dans les chap. III et IV, l'auteur s'occupe *des moyens de décider à priori si une houillère est sujette aux coups de feu, et d'éviter plus complétement les explosions.* Ici l'auteur émet plusieurs opinions fondamentales que la plupart des exploitants instruits considéreront comme des paradoxes. Ne connaissant ou n'admettant pas la composition si variée des couches de houille, et l'influence de cette composition sur la formation, suivant les uns, le dégagement, suivant les autres, du gaz inflammable auquel donnent naissance quelques-unes de ces couches, il suppose, contrairement aux faits les mieux établis, que toutes les houillères laissent dégager du grisou ; — que la quantité de ce gaz varie seulement de l'une à l'autre ; — que les couches tendres et terreuses laissent échapper plus de grisou que les couches dures et serrées ; — que « chaque couche de houille, coupée transversalement, présente clairement l'aspect de trois couches différentes, superposées. Les deux couches extrêmes sont composées d'une houille dure et compacte, la couche du milieu est au contraire friable et terreuse. . . . . le grisou est bien plus abondant dans les tailles où la veine que l'on exploite est presque toujours terreuse ; c'est en quelque sorte de l'épaisseur de la couche friable que dépend le dégagement du gaz. »

Adoptant, peut-être un peu trop tôt, l'opinion de M. Buddle relative à l'influence de la pression barométrique

sur le dégagement du gaz [illegible] il conseille, comme moyen [illegible] la [illegible], dont il calcule l'effet [illegible] par le [illegible] et la [illegible] les [illegible], et [illegible] pour que cette [illegible] soit mise en [illegible] immédiate [illegible] avec celle qui sert à l'[illegible] de la [illegible]. Tous les [illegible] se [illegible] sans [illegible] aux [illegible] pour [illegible] de [illegible].

Il fait [illegible] pour déterminer les quantités d'air qu'il faut faire arriver aux [illegible], sur le principe [illegible] charbon de bois pour le gaz hydrogène carboné, et [illegible] pour l'[illegible] à la [illegible] qui [illegible], suivant De Saussure, le volume de [illegible] hydrogène carboné qu'absorbe le charbon de bois [illegible].

On peut [illegible] se faire une idée assez exacte des idées de l'auteur sur la matière de ses chap. III et IV, en lisant le résumé qu'il en présente p. 148-152.

Dans le cinquième et dernier chapitre, l'auteur indique les moyens de remédier plus efficacement aux accidents causés par les coups de feu ; mais je crois devoir me borner à dire que cette partie du mémoire n'est pas plus satisfaisante que les deux précédentes.

C'est donc à regret que j'exprime l'avis que cet immense travail ne peut, dans l'état d'imperfection où il se trouve, être livré à l'impression.

XIII. Mémoire ayant pour épigraphe :

[illegible]

Ce mémoire, fort remarquable, sous le point de vue qui ressortira suffisamment du présent rapport, est divisé en sept chapitres.

Le chapitre premier, intitulé : *Dégagement et formation des gaz inflammables des mines*, pourrait être considéré comme un hors d'œuvre; l'auteur y réunit les exemples les plus saillants, mais bien connus, de dégagement de gaz inflammables, non-seulement dans les exploitations de mines de houille, mais encore dans un grand nombre de lieux où rien n'autorise à admettre l'existence de ces mines. Il discute, en chimiste et en géologue, les diverses opinions qui ont été émises à ce sujet, et en présente une fondée sur des phénomènes géogéniques dans lesquels il fait jouer à l'eau un rôle tellement important, qu'il va jusqu'à dire qu'on empêcherait ou qu'on limiterait vraisemblablement la formation des gaz inflammables, dans les couches de houille, s'il était possible d'empêcher que l'eau pénétrât jusqu'à ces couches. Je doute que cette théorie fasse beaucoup de prosélytes; mais, indépendamment de ce qu'elle est présentée avec autant de conviction que de talent, elle donne à l'auteur l'occasion de combattre l'opinion de M. Buddle relative à l'influence de la pression atmosphérique sur le dégagement des gaz inflammables des houillères, opinion que l'on peut s'étonner de voir adoptée, comme définitivement acquise à l'art de l'exploitation, par plusieurs des concurrents. Celui-ci la considère comme erronée, et donne des explications plausibles de la coïncidence de plusieurs coups de feu avec la dépression du mercure dans le baromètre.

Le chap. II, intitulé : *Propriétés physiques des gaz inflammables des mines*, est un des plus intéressants de l'ouvrage. L'auteur y donne les résultats des analyses qu'il a faites des gaz inflammables purs qu'il a recueillis dans trois mines du continent, et qu'il a trouvés composés, en grande partie, d'hydrogène proto-carboné, auquel sont as-

sociés du gaz hydrogène bi-carboné et un gaz qu'il croit être l'azote, ces deux derniers en proportions très-petites et variables entre elles, comme par rapport au premier; il s'est assuré qu'ils ne contiennent ni oxygène, dont Davy avait admis l'existence dans le gaz de la houille, ni hydrogène, comme l'ont avancé depuis plusieurs chimistes.

Dans le chap. III, qui a pour titre : *Combustibilité et nature détonnante des gaz inflammables des mines*, l'auteur fait preuve d'un talent d'observation non moins remarquable que celui qu'il a montré comme chimiste, dans les deux chapitres précédents. Les moyens qu'il y indique pour reconnaître la présence, la combustibilité et la détonnabilité *des grisoux*, comme il les appelle avec raison, en se fondant sur les résultats de ses expériences, sont aussi simples que sûrs.

Dans le chap. IV, l'auteur a pour but d'indiquer les moyens d'éloigner des mines les grisoux, aussitôt après leur naissance. Il reconnaît qu'un parfait aérage est le seul véritablement efficace; mais il ne croit pas devoir décrire la manière de l'obtenir, parce qu'il existe, dit-il, beaucoup d'ouvrages qui enseignent les règles propres à guider, dans chaque cas particulier. Nous sommes bien éloigné de partager son avis sur ce dernier point; et, persuadé, comme lui, que la solution de la question est tout entière dans l'établissement d'un aérage parfait, nous regrettons vivement que l'auteur n'ait point approfondi cette partie de son sujet comme les autres.

Examinant, dans son chap. V, *les moyens de détruire les gaz inflammables des mines, par voie chimique*, l'auteur montre qu'il ne faut plus songer au mode d'assainissement que l'on a appelé *procédé par le feu*, et présente, à ce sujet, des observations judicieuses dont la

connaissance pourra contribuer à faire abandonner définitivement ce moyen, dangereux dans le plus grand nombre de cas. Il montre aussi l'impuissance de la chimie pour prévenir ou pour dénaturer les gaz inflammables. Cet aveu, de la part d'un homme qui paraît si bien connaître cette science, suffira-t-il pour prévenir des tentatives inutiles, de la part de ceux qui la prostituent à la recherche de toutes sortes de pierres philosophales ?

Les chap. VI et VII ont pour but de faire connaître les *moyens de pénétrer au loin, de séjourner, de s'éclairer et d'agir librement dans les galeries souterraines envahies par un air vicié*, et les *expériences que l'auteur a faites dans les grisoux, avec des tissus de fil et des lampes de sûreté.* L'auteur a compris la seconde partie de la question proposée par l'académie en ce sens, qu'il s'agit simplement de pénétrer dans un air chargé de gaz inflammable. Il s'est donc exclusivement occupé, dans ces deux derniers chapitres, des lampes de sûreté auxquelles il accorde peut-être un peu trop de confiance; mais, comme il existe, en ce moment, une certaine tendance à leur en attribuer une peut-être trop faible, on lit, avec le plus vif intérêt, l'historique assez complet qu'il donne de ces lampes, depuis la découverte du principe dont Davy a fait une si heureuse application, et la description des expériences et des observations faites avec elles, dans un assez grand nombre de houillères, mais principalement dans celles de Prusse; expériences dues en grande partie à l'auteur du mémoire, et qui peuvent être éminemment utiles au perfectionnement des lampes dont il s'agit.

L'ouvrage est terminé par un *résumé général* qui, avec la table des matières placée au commencement, suffirait pour montrer l'étendue et la profondeur des recherches

[illegible]

[illegible] Le [illegible]

[illegible] qu'il [illegible]

Enfin, il conviendrait de l'inviter à faire connaître la valeur exacte des mesures [illegible] de toutes celles qu'il a employées dans son mémoire et même de lui demander l'autorisation de faire suivre, ou de remplacer, toutes ces données numériques par leurs équivalents dans le système décimal des poids et mesures.

XIV. Lettre signée.

L'auteur s'étant fait connaître, je crois pouvoir me dispenser de présenter l'analyse et la critique de la lettre qu'il a rédigée sur un sujet qui doit être peu familier à

un humaniste bachelier ès lettres, professeur particulier, à Rouen.

Conclusion.

D'après toutes ces considérations, j'estime qu'il n'y a pas lieu de décerner le prix et la récompense offerts par l'académie et par le Gouvernement, pour la troisième question de la classe des sciences mise au concours de 1840; —que le mémoire n° XI, portant pour devise : *Le travail fait la richesse des nations,* etc., est celui qui aurait le mieux mérité ce prix et cette récompense, s'il avait été présenté avant la publication du traité sur l'aérage de M. Combes; — que les mémoires n°s VII et XIII, portant respectivement pour épigraphes : *Le génie de Davy n'eût-il inventé que la lampe de sûreté*, etc.; *Nisi utile est quod facimus, stulta est gloria*, auraient pu lui disputer la palme ; — que ces trois mémoires peuvent être considérés comme le complément de ceux de M. Combes; — que leur publication pourra, par conséquent, rendre de grands services à l'art des mines;—que le même honneur peut être décerné très-convenablement et très-utilement à deux autres mémoires, portant respectivement les n°s III et X et les épigraphes: *Le génie est le triomphe des peuples; Le travail c'est la vie;*—que l'on augmenterait l'intérêt et l'utilité de cette publication en insérant, dans le même recueil, les nouvelles observations que doit être à même de fournir à présent l'auteur du mémoire n° XIII et le rapport, en date du 25 avril 1840, de la commission instituée à Liége pour l'essai des lampes des mines, rapport qui vient d'être adressé à l'académie par M. le Ministre des travaux publics. — Enfin, que l'ordre le plus convenable à suivre dans cette

[illegible]

[illegible]

[illegible] de faire [illegible] exemplaires [illegible] que mérite [illegible] pour titre :

Des moyens de [illegible] l'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion. — Recueil de cinq mémoires présentés à l'académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles, en réponse à l'une des questions qu'elle a proposées, pour le concours de 18[illegible]0, et d'un rapport à M. le ministre des travaux publics, de la commission instituée à Liége pour l'essai des lampes de mines.

Cinquante exemplaires de ce recueil devraient, selon moi, être adressés, avec des remerciments, à chacun des auteurs des mémoires imprimés, et les autres devraient

être livrés au commerce, au plus bas prix possible, afin de contribuer, par sa prompte et facile diffusion, à diminuer le nombre ou du moins la gravité de ces épouvantables catastrophes qui viennent, à chaque instant, émouvoir la pitié publique pour leurs malheureuses victimes.

MÉMOIRE

SUR LES

EXPLOSIONS DANS LES MINES DE HOUILLE,

ET

SUR LES MOYENS DE LES PRÉVENIR;

par

M. A.-A.-M. BOISSE,

INGÉNIEUR DES MINES A CARMAUX (TARN).

Le génie de Davy, n'eût-il inventé que la lampe de sûreté, ce serait encore un titre suffisant à la reconnaissance du genre humain.

(H. T. DE LA BÊCHE.)

AVANT-PROPOS.

« Les quatre éléments des anciens philosophes, dit Brard, *la terre*, *l'eau*, *le feu* et *l'air*, sont la cause de tous les accidents qui arrivent dans les mines et de tous les dangers auxquels nous sommes journellement exposés dans les travaux souterrains.

» *La terre* tend à combler nos travaux et à écraser les soutiens que nous lui opposons;

» *L'eau* s'infiltrant dans les cavités souterraines, et s'y précipitant même quelquefois avec impétuosité, noie les travaux et les hommes;

» *Le feu* ravage les mines de houille exploitées avec négligence;

» *L'air* enfin, en se mêlant avec des gaz qui se dégagent spontanément dans les mines, finit par devenir irrespirable ou par s'enflammer avec des détonations violentes. »

Ainsi l'ouvrier mineur est sans cesse entouré d'ennemis d'autant plus redoutables, que bien souvent aucun indice ne révèle leur présence. Élevé dans le danger, familiarisé avec lui dès son enfance, il le brave avec audace et paralyse souvent,

par son imprudente sécurité, les efforts que ne cessent de faire des chefs prudents et une administration paternelle, pour prévenir des accidents malheureusement trop multipliés.

Grâce aux exemples que nous ont légués nos maîtres dans l'art des mines, il est possible aujourd'hui d'échapper à la plupart de ces accidents. Ainsi, les éboulements peuvent presque toujours être prévenus par un système bien entendu de boisage, de muraillement ou de remblai.

On empêche l'envahissement des eaux en les contenant par la construction de cuvelages, de serrements, de plates cuves. Des sondages bien dirigés permettent de reconnaître et d'éviter l'approche des amas d'eau souterrains; et l'on se débarrasse enfin, au moyen de machines d'épuisement, des eaux d'infiltration que l'on n'a pu empêcher de pénétrer dans la mine et qui n'ont pas d'écoulement naturel au dehors.

Une exploitation bien dirigée prévient l'inflammation spontanée des couches de houille; et, dans les mines déjà enflammées, on peut, par des barrages, contenir le feu dans des limites déterminées, ou même l'éteindre, en empêchant l'accès de l'air.

On connaît enfin les dispositions les plus convenables à adopter soit dans l'ensemble des travaux, soit dans la distribution des voies d'aérage, pour empêcher, par une ventilation active, que les gaz nuisibles ne s'accumulent dans les mines au point d'en rendre l'air irrespirable.

Un seul ennemi, mais le plus terrible, a déjoué presque tous les efforts tentés jusqu'à ce jour pour le vaincre : nous n'avons encore aucun moyen bien efficace de prévenir les explosions souterraines; ce n'est pas que l'on ait négligé les études propres à amener la solution de cet important problème.

L'instruction pratique sur l'emploi de la lampe de sûreté et sur les moyens de pénétrer dans les mines remplies de gaz irrespirables, publiée, en 1824, par l'administration des mines de France; l'enquête sur les accidents des mines ordonnée par la chambre des communes d'Angleterre, en 1835; les encouragements offerts par l'administration belge aux ingénieurs qui s'occupent de rechercher les moyens propres à prévenir les explosions dans les mines, montrent assez de quelle importance est cette question aux yeux de tous les gouvernements éclairés. De leur côté, les hommes de science et de dévouement n'ont point manqué à l'appel qui leur était fait, au nom de leur devoir et de l'humanité. Des savants illustres, MM. de Humboldt, Davy; des ingénieurs distingués, d'habiles praticiens, MM. Baillet, Brard, Combes, Ryac, Robert et Dumesnil, ont pris successivement cette question pour sujet de leurs études; et leurs généreux efforts, secondés par une administration bienveillante, nous ont fourni des préceptes utiles et des appareils propres, sinon à prévenir entièrement les explosions, du moins à diminuer leur nombre et leurs effets, et à permettre d'en secourir les victimes.

Cependant, soit que nous l'attribuions à l'insuffisance des mesures prescrites et des appareils employés, à l'imprudente témérité des ouvriers ou à la coupable incurie de leurs surveillants, de trop nombreuses explosions viennent encore, tous les ans, jeter l'épouvante et le deuil parmi les familles des mineurs.

Nous ne possédons, il est vrai, aucun moyen de prévenir les malheurs d'une manière sûre; il est même peu probable que l'on trouve jamais un préservatif d'une efficacité assurée; néan-

moins, je ne doute pas que ces accidents, que nous voyons se succéder avec une intensité et une rapidité si effrayantes, ne dussent compter bien moins de victimes, si les moyens préservatifs étaient plus généralement connus et leur emploi plus activement surveillé.

Tels sont les motifs qui m'ont engagé à entreprendre le travail suivant, dans lequel j'essaierai de résumer et de discuter les principaux faits dont la connaissance peut être utile aux ingénieurs chargés de la direction des mines à grisou.

Je diviserai ce travail en trois parties : dans la première, j'étudierai les causes et les effets des explosions; dans la seconde, je discuterai les moyens proposés pour les prévenir; dans la troisième enfin, je rechercherai les mesures à prendre pour en atténuer les terribles effets.

SUR LES EXPLOSIONS

DANS

LES MINES DE HOUILLE,

ET SUR

LES MOYENS DE LES PRÉVENIR.

PREMIÈRE PARTIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES CAUSES ET LES EFFETS DES EXPLOSIONS DANS LES MINES DE HOUILLE.

Cause des explosions. — A une époque où l'homme, sous l'empire des préjugés superstitieux, attribuait à des causes surnaturelles tous les faits dont la cause véritable échappait à son intelligence, les explosions de gaz dans les mines étaient

considérées comme l'œuvre de génies malfaisants, gardiens jaloux de leurs trésors cachés (1).

Gaz inflammable des houillères. — Plus tard, on crut reconnaître que les explosions étaient dues à l'inflammation d'une substance gazeuse que les ouvriers appelèrent, sans en connaître la nature, feu *brisou*, *grisou* ou *terrou* (2). Aujourd'hui, grâce aux progrès de la chimie, le gaz inflammable a pu être analysé, et sa composition est parfaitement connue. On a constaté, par de nombreuses expériences, que ce gaz n'est autre que l'hydrogène protocarboné, dont le mélange avec l'air atmosphérique produit, quand on l'enflamme, des détonations plus ou moins violentes, selon les proportions du mélange.

Propriétés du gaz hydrogène protocarboné. — Les propriétés physiques et chimiques du gaz hydrogène protocarboné sont trop connues, pour qu'il soit nécessaire de les discuter ici; aussi ne citerai-je que pour mémoire celles de ces propriétés sur lesquelles nous aurons besoin de nous appuyer pour expliquer soit la théorie des explosions, soit leurs effets, soit enfin les moyens employés pour les prévenir.

Le gaz hydrogène protocarboné, ou carbure tétra-hydrique, (H^4C) est composé de 4 volumes d'hydrogène et de 1 volume de vapeur de carbone condensés en 2 volumes. Sa pesanteur spécifique est de 0,5589.

Ce gaz est incolore, d'une odeur forte, irrespirable, à moins

---

(1) Suivant les vieilles traditions populaires, ces génies malveillants tendaient aux mineurs toute sorte de piéges pour les faire périr ou les forcer à abandonner les mines; tantôt les noyant dans leurs travaux, les étouffant dans des vapeurs pestilentielles, ou les détruisant par les flammes; tantôt les effrayant par des apparitions fantastiques et leur suscitant toute sorte d'embarras, jusqu'à ce qu'ils eussent lassé leur persévérance : tels étaient les *gobelins-des-mines*, *l'annaberge*, *les kobolds*......

(2) En anglais *fire live* ou *fire damp*.

qu'il ne soit mêlé avec au moins deux fois son volume d'air ; il brûle, quand on y met le feu, avec une flamme d'un bleu pâle, très-peu apparente. Il est insoluble dans l'eau et dans les alcalis.

Action du chlore sur le gaz H^4C. — Le chlore ne décompose l'hydrogène protocarboné que lorsque la réaction est favorisée par l'influence réunie de l'eau et de la lumière. Il faut 4 volumes de chlore contre 1 volume de gaz carboné et 2 atomes d'eau, pour que la réaction soit complète : le produit est alors 8 atomes d'acide hydrochlorique et 1 atome d'acide carbonique ; si l'on emploie moins de 4 volumes de chlore, le produit renferme de l'oxyde de carbone.

Action de l'oxygène. — L'oxygène à froid est sans action sur le gaz H^4C ; mais un mélange des deux gaz détone facilement soit par l'étincelle électrique, soit par la chaleur. Le produit de la combustion est de l'eau et de l'acide carbonique (1).

Action de l'air. — *Mélanges explosifs.* — Mêlé à l'air atmosphérique, l'hydrogène protocarboné détone également, quoique avec moins de violence, et donne de l'eau, de l'acide carbonique et de l'azote. La combustion a lieu avec des caractères variables, suivant la proportion des deux éléments. Le mélange le plus détonant est celui qui renferme $\frac{1}{8}$ d'hydrogène protocarboné.

Voici ce que Davy, et après lui plusieurs autres physiciens, ont observé relativement à l'inflammation des divers mélanges au contact d'une bougie allumée.

---

(1) Il faut un volume d'oxygène égal au sien pour le convertir complétement en acide carbonique.

PROPORTIONS du mélange.		FAITS OBSERVÉS.
HYDROG. protocarb.	AIR.	—
1	2	Le mélange s'enflamme à l'approche de la bougie et brûle sans détonation, avec une flamme bleue (1).
1	3	Idem. Idem.
1	4 à 5	Idem. Idem. inflammation plus subite.
1	6	L'inflammation a lieu avec une légère détonation.
1	7	Idem. détonation plus forte.
1	8	Explosion violente.
1	9 à 14	Inflammation, détonation décroissante.
1	15 à 30	L'inflammation ne se propage plus dans toute la masse; il n'y a plus explosion; mais la combustion a lieu dans la partie du mélange qui est en contact immédiat avec la flamme de la bougie; de sorte que celle-ci s'allonge, s'élargit et paraît environnée d'une espèce d'auréole d'un bleu pâle, qui devient d'autant moins sensible que la proportion d'hydrogène carboné est moindre, et qui disparaît entièrement quand cette proportion est au-dessous de $\frac{1}{30}$.

L'addition d'une petite quantité d'acide carbonique ou d'azote diminue beaucoup l'inflammabilité de mélange. D'après

(1) Si la proportion d'hydrogène protocarboné surpassait $\frac{1}{3}$ du volume total du mélange, la bougie s'éteindrait.

M. Lefroy (1), lorsqu'on ajoute 1 partie d'azote à 7 parties d'un mélange détonant, la combustion a lieu lentement et avec une légère flamme bleue, sans explosion. L'action de l'acide carbonique est plus marquée encore. L'addition de $\frac{1}{7}$ de ce gaz suffit pour faire perdre au mélange le plus détonant sa propriété explosive.

Combustibilité du gaz des houillères. — En faisant varier progressivement la température des corps plongés dans les mélanges détonants, Davy put évaluer le degré de combustibilité de ces mélanges ; il reconnut ainsi que le gaz hydrogène $\frac{1}{4}$ carboné est le moins combustible de tous les gaz inflammables connus.

On peut faire détoner un mélange d'air et de gaz H^4C soit par l'électricité, soit par la chaleur : dans le premier cas, il faut une étincelle électrique assez forte ; dans le second, il faut la présence de la flamme ou d'un corps incandescent doué d'une température fort élevée. La flamme d'une lampe ou d'une bougie, celle qui est produite par la combustion de l'oxyde de carbone ou du gaz oléfiant, suffisent pour faire détoner tout mélange explosif d'air et de gaz des houillères.

Le charbon bien brûlé, à la chaleur rouge, mais ne donnant plus de flamme, ne fait détoner aucun mélange de ces deux gaz ; tandis que l'oxyde de carbone, l'hydrogène, le gaz oléfiant et l'hydrogène sulfuré, substitués à l'hydrogène protocarboné, prendraient aisément feu dans les mêmes circonstances.

Le fer chauffé au rouge est aussi sans influence sur les mélanges explosifs d'air et de gaz H^4C. Il en est de même des autres métaux, à l'exception du platine et peut-être de quelques autres métaux précieux (2).

---

(1) Notices sur la lampe de sûreté de Davy, extraites des journaux anglais, par M. Lefroy. (*Annales des mines,* tom. Ier, année 1816.)

(2) Le palladium jouit de la même propriété que le platine ; l'or et l'argent sont sans action sur les mélanges explosifs.

Action du platine sur les mélanges détonants. — L'action du platine sur l'hydrogène protocarboné, ou plutôt sur le mélange de ce gaz et d'oxygène, ou d'air atmosphérique, est fort remarquable.

Une éponge de ce métal détermine, même à froid, la combinaison de l'hydrogène du gaz avec l'oxygène de l'air, et cette combinaison a lieu avec un dégagement de chaleur tel que l'éponge métallique s'échauffant jusqu'au rouge, peut occasionner l'explosion de la partie du mélange non encore décomposée. Le platine en fil ne produit bien le même effet que lorsqu'il a été préalablement chauffé. Nous reviendrons plus loin sur ces propriétés, que l'on a proposé de mettre à profit, soit pour opérer la décomposition du gaz inflammable, soit pour éclairer le mineur, lorsque la trop forte proportion de ce gaz l'oblige à éteindre sa lampe.

L'on ne connaît encore aucun moyen d'obtenir le gaz hydrogène protocarboné par les procédés ordinaires de la chimie. Il se produit, à la vérité, dans plusieurs opérations, telles que la décomposition des matières organiques et des carbures d'hydrogène par le feu; de l'eau, par le charbon, etc.; mais il est toujours altéré par le mélange d'une certaine quantité d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

État naturel du gaz H^4C. — *Sources de gaz inflammable.* — La nature le produit en grande abondance; il existe dans les eaux dont le cours est peu rapide, dans la vase des marais, d'où on le voit se dégager spontanément sous forme de bulles abondantes, surtout dans les temps d'orage. On le rencontre assez fréquemment, soit à la surface, soit à une profondeur plus ou moins grande, dans le sein de la terre, et on le voit, dans beaucoup de lieux, jaillir tantôt à travers les pores et les fissures naturelles du sol, tantôt par des trous de sonde, et produire des jets abondants et continus. Quelques-uns de ces jets brûlent sans interruption, depuis plusieurs siècles, et la chaleur fournie par leur flamme a pu être utilisée pour la cuisson de la chaux et des briques, pour l'évaporation des

eaux salées, pour les usages domestiques et l'éclairage.

Tels sont les jets de gaz enflammés ou inflammables de *Delik tash*, sur la côte de Caramanie, de *Tsce-Licou-Tsing*, en Chine, de *Welleja*, de *Piétramala*, en Italie, de *St-Barthélemy*, en France (Isère), de *Bosely* et de *Lancastre*, en Angleterre, de *Frédonia* dans l'État de New-York, de *Chittagong*, au Bengale, d'*Atech-gah*, sur les bords de la Mer Caspienne, etc., etc.

Gisement du gaz H^4C. — Quoiqu'il n'y ait rien de constant dans le gisement de ces sources singulières, connues sous le nom de *salses*, on a cependant cru remarquer qu'elles sont plus fréquentes dans les terrains salifères. Les sondages exécutés dans de semblables terrains amènent souvent au jour des jets naturels de gaz inflammable; on cite même la présence de ce gaz dans quelques mines de sel gemme. Il ne faut cependant pas croire que les terrains salifères soient les seuls qui contiennent de l'hydrogène protocarboné; on trouve assez fréquemment ce gaz dans le voisinage des sources de naphte, dans les calcaires fétides et bitumineux; mais c'est surtout dans les mines de houille qu'il se dégage abondamment et que sa présence se révèle par d'effroyables explosions.

Circonstances qui accompagnent et modifient le dégagement du gaz H^4C *dans les houillères*. — L'air inflammable renfermé dans la houille, dit M. Baillet (1), est dans un tel état d'élasticité qu'il est toujours prêt à s'échapper : il brise les petits fragments de houille qui s'opposent à son passage, et produit ainsi, en se dégageant, un léger bruit, que M. Combes compare à celui produit par l'eau échauffée, dans l'instant qui précède l'ébullition tumultueuse : c'est ce que les mineurs appellent *friser* ou *souffler*. Dans les galeries, dont le sol est recouvert d'eau, on voit souvent les bulles de gaz se succéder rapide-

---

(1) *Mémoire sur l'exploitation des houillères à grisou*, JOURNAL DES MINES (ventôse an IV).

ment et venir crever à la surface. Quand on s'avance dans une galerie où le *grisou* est abondant, on éprouve sur les yeux une impression semblable à celle que produirait le contact d'une toile d'araignée : les mineurs prétendent même le voir quelquefois s'élever et voltiger dans la mine, sous forme de filaments blanchâtres ou de petits amas nuageux, arrondis, semblables à des bulles de savon. M. Dumas a expliqué, d'une manière ingénieuse (1), l'apparition de ces filaments ou de ces bulles qui pourraient être, selon lui, ou un petit amas de vapeur d'eau précipitée par suite du refroidissement dû à la dilatation du gaz, ou une simple illusion d'optique dont il trouve la cause dans la différence du pouvoir réfringent de l'air et de l'hydrogène protocarboné.

Un indice plus certain et plus constant de la présence du grisou existe dans l'aspect de la flamme des lampes : on remarque en effet que cette flamme s'élargit sous l'influence d'un air chargé d'hydrogène protocarboné, et qu'elle prend une couleur bleue d'autant plus foncée que le gaz inflammable est en plus grande quantité. Cet indice est très-facile à observer quand on a soin de placer la main entre la flamme et l'œil, de manière à n'apercevoir que la pointe de la flamme.

Les mines de houille sujettes au grisou sont principalement celles dont la houille est de bonne qualité, grasse, collante, propre à la forge, mais peu compacte. Cette règle générale n'est cependant pas sans exceptions; et, de même qu'il existe beaucoup de houilles grasses exemptes de grisou, de même on trouve, quoique rarement, ce gaz dans quelques mines de houille maigre; nous en avons une preuve dans l'explosion qui eut lieu, le 23 novembre 1830, dans l'exploitation de houille sèche de Wandres, près Liége.

Le dégagement de l'hydrogène protocarboné est loin d'être

(1) Dans sa *Chimie industrielle*, tom. 1, pag. 468.

régulier et constant dans toutes les parties d'une même couche et dans tous les temps ; il offre, au contraire, de nombreuses variations toujours en rapport, soit avec les accidents locaux, soit avec les oscillations barométriques : ainsi l'on a observé que, dans des parties diverses d'une même couche, l'abondance du gaz est très-variable ; elle est généralement plus grande dans tous les points où la houille est plus friable, c'est-à-dire dans les parties de la couche les plus tourmentées, près des failles, des grandeurs de veine et des étranglements... Les portions de veine récemment mises à nu fournissent beaucoup plus de gaz que les galeries ou fronts de tailles anciens ; aussi l'abondance du grisou augmente-t-elle au moment de l'abatage du charbon, et quand il survient des éboulements. L'on a enfin constaté, par des observations nombreuses (1), que la proportion d'hydrogène protocarboné augmente quand le mercure baisse dans le baromètre, et diminue quand le mercure monte. Tous ces faits reçoivent une explication simple et naturelle, si l'on considère les couches de houille à grisou comme une masse spongieuse dans les cellules de laquelle le gaz inflammable est soumis à une pression considérable (2). Il est évident, en effet, que, dans une pareille masse, le gaz tend à s'échapper en vertu d'une force F qui n'est autre que la force d'élasticité. Cette force est contrariée :

1° Par la résistance R que le gaz éprouve à se mouvoir à travers les pores de la houille ;

2° Par la pression P exercée sur l'orifice de ces mêmes pores.

---

(1) Voir le rapport de la commission d'enquête de la chambre des communes (*Reports on accidents in mines*), où se trouvent cités un grand nombre de témoignages, relatifs à l'influence de l'état barométrique de l'atmosphère sur le dégagement du gaz des houillères.

(2) Cette force élastique du gaz est telle qu'on l'a vu souvent se dégager sous des pressions d'eau considérables. Ainsi dans la mine de *Latour* (Loire), on l'a vu s'échapper à travers une masse d'eau de plus de 10^m de hauteur. (Voir le n° 21 des *Comptes rendus de l'académie des sciences*).

L'écoulement du gaz inflammable aura donc lieu toutes les fois que l'on aura $F > R + P$; et cet écoulement sera d'autant plus rapide, que la différence entre F et $R + P$ sera plus grande. Si $F = R + P$, il y aura équilibre entre les forces motrices et résistantes; l'écoulement cessera. Si enfin l'on a $F < R + P$, la houille, au lieu de laisser échapper du gaz inflammable, pourra aspirer de l'air.

Il résulte de ces considérations que, pour connaître les circonstances qui influent sur l'abondance du grisou, il suffit d'étudier les circonstances qui peuvent faire varier chacune des trois forces F, R ou P, c'est-à-dire : la force expansive du gaz, la résistance au mouvement du gaz jusqu'à la surface libre de la houille, et enfin la pression exercée sur cette même surface.

La force expansive F dépend de la pression exercée sur le gaz : or cette pression doit être à peu près constante, quand on ne considère qu'une portion limitée d'une même couche; néanmoins, il est assez probable que les causes qui peuvent augmenter la poussée du toit ou du mur doivent augmenter aussi la valeur de F. Ainsi la force d'élasticité du gaz inflammable doit être plus grande dans les points où les roches supérieures, brisées par les mouvements naturels du terrain, pèsent de tout leur poids sur la houille, surtout lorsque, par suite de l'enlèvement d'une partie de la couche, la pression du toit se trouve répartie sur un petit nombre de piliers.

Quant à la résistance R, elle est évidemment d'autant moindre que la houille est plus poreuse, plus fendillée, et que l'on considère des points moins éloignés de la surface libre.

Toutes les causes tendant à multiplier les surfaces de la houille, ou à détruire sa compacité, doivent donc faciliter le dégagement du gaz inflammable : ainsi s'explique l'abondance plus grande de ce gaz au moment de l'abatage, à la suite des éboulements, et dans le voisinage des failles ou autres accidents des couches.

Enfin la pression P exercée à la surface de la houille ou à

l'orifice d'écoulement du gaz dépend de la densité de l'air qui circule dans les travaux, et doit varier avec elle : or cette densité dépend elle-même de la pression atmosphérique; et par conséquent la valeur de P doit, comme nous l'avons déjà dit, être toujours en rapport avec les oscillations du baromètre. Cette valeur de P dépend aussi de la nature du moteur employé pour déterminer la circulation de l'air dans la mine; elle est nécessairement plus grande quand l'aérage a lieu par refoulement, que lorsqu'il a lieu par aspiration.

Indépendamment du gaz hydrogène carboné dont la houille est en quelque sorte imprégnée, et qui s'échappe en petits jets imperceptibles, on trouve quelquefois, dans les mines à grisou, des amas assez considérables de gaz renfermés dans des cavités de la houille, d'où ils s'échappent avec violence, dès que l'exploitation a suffisamment affaibli les parois de ces cavités.

Ce gaz s'écoule aussi quelquefois des fissures naturelles du grès ou du schiste voisins de la houille : tantôt il s'échappe des fentes du grès en jets rapides et continus, auxquels on donne le nom de *soufflards;* tantôt il sort des intervalles qui séparent les feuillets du schiste, avec un sifflement semblable à celui qu'il fait entendre en sortant de la houille. Ce que nous avons dit de l'influence de la pression atmosphérique sur la quantité de gaz qui s'échappe de la houille, s'applique également aux soufflards; et M. Georges Stephenson a observé plusieurs de ces fentes qui fournissaient beaucoup de gaz quand le baromètre était bas, et absorbaient au contraire de l'air atmosphérique quand le mercure montait dans le baromètre. (*Report on accidents in mines*, p. 110.)

Ce fait suppose que le gaz fourni par ces soufflards avait une pression peu supérieure à celle de l'atmosphère. Il n'en est pas toujours ainsi, et la tension du gaz est quelquefois assez considérable pour lui faire surmonter une grande pression. L'exemple suivant, rapporté par l'ingénieur anglais, Georges Johnson, en est une preuve : En septembre 1831, une

explosion eut lieu dans la mine de *Wilmington*, dirigée par cet ingénieur. Le gaz qui s'enflamma ne provenait pas de la couche alors exploitée, mais d'un soufflard situé dans une autre couche, à 38 fathoms au-dessous de celle-ci ; l'abondance du gaz inflammable fourni par ce soufflard avait obligé d'abandonner les travaux de la couche inférieure, que l'on avait laissés s'inonder. C'est à travers une masse d'eau de 18 fathoms de hauteur que le gaz s'échappa, pour se répandre dans la veine supérieure, où il causa l'explosion. M. Johnson, pour prévenir de nouveaux accidents, prit alors le parti d'isoler complétement la couche inférieure, en couvrant d'un chapeau en fer le puits intérieur qui servait de communication entre les deux étages. Un tube de 3 pouces de diamètre, adapté à ce chapeau, et se prolongeant dans le puits principal jusqu'au niveau du sol, fut destiné à conduire au dehors le gaz fourni par le soufflard. On obtint ainsi un jet de gaz, qu'on allumait tous les soirs pour éclairer pendant la nuit les ouvriers occupés autour du puits. Ce jet de gaz a duré sans interruption depuis septembre 1831 jusqu'en 1835, époque de l'enquête ordonnée par la chambre des communes. (*Report on accidents in mines.*)

Il existe souvent, dans les mines sujettes au grisou, d'anciennes galeries, de vieux chantiers abandonnés, qui forment autant de réservoirs de gaz inflammable. Quelque soin que l'on prenne pour isoler ces dangereux réservoirs des travaux en activité, les mouvements du terrain résultant de l'enlèvement de la houille ne tardent pas à rétablir la communication, en produisant des fissures dans les digues, ou même dans le toit et le mur de la couche.

Les considérations que nous avons exposées plus haut, relativement aux conditions d'équilibre et de mouvement du gaz contenu dans les petites cellules de la houille, s'appliquent également aux grandes masses d'air inflammable renfermé dans les vides des vieux travaux.

Nous ferons seulement observer que la communication en-

tre les vieux chantiers et les galeries où l'air circule, ayant presque toujours lieu, par des fissures nombreuses et assez larges, la résistance R est dans ce cas fort petite; la condition d'équilibre $F = R + P$ peut donc se réduire, sans erreur sensible, à $F = P$, d'où l'on peut conclure que la plus légère variation dans la valeur de P, c'est-à-dire dans la densité de l'air qui parcourt la mine, doit nécessairement amener une variation correspondante dans la valeur de F, et par conséquent, un mouvement du gaz. Si, partant de l'état d'équilibre, on suppose que P diminue, l'on aura $F > P$. Le gaz devra donc s'épancher dans la mine avec une vitesse décroissante, à mesure que F se rapprochera de P; si, au contraire, P augmente, l'on aura $F < P$; et, dans ces cas, il devra évidemment y avoir absorption de l'air.

Les variations de P dépendent, comme nous l'avons vu, de la pression atmosphérique, elles ont lieu ordinairement dans des limites peu étendues; il doit donc en être de même des variations de F; mais, comme la masse de gaz contenue dans ces réservoirs souterrains est souvent fort considérable, un faible changement dans la force expansive peut suffire pour chasser hors du réservoir un volume assez grand de gaz inflammable, et pour rendre l'air de la mine explosif. Les changements de pression atmosphérique ne sont pas d'ailleurs les seules causes qui peuvent amener une éruption du grisou dans la mine; il est aisé de voir que les éboulements, si fréquents dans les vieux travaux, doivent, en refoulant le gaz ambiant, produire le même résultat.

Outre les espaces vides dépendants des exploitations en activité, et dans lesquels le gaz hydrogène protocarboné possède une tension à peu près égale à celle de l'air qui circule dans les travaux, il y a, dans beaucoup de mines, notamment dans celles du pays de Liége, d'anciennes et vastes excavations dont la position exacte, et souvent même l'existence, est ignorée. Ces excavations font partie de travaux depuis longtemps abandonnés; et, comme les puits ou galeries par lesquels elles communiquaient au jour ont été comblés ou inondés, le gaz qui

s'y trouve renfermé n'ayant point d'issue, peut y avoir acquis une tension considérable. Le voisinage de pareilles excavations est fort dangereux ; et, dans toutes les mines où l'on peut avoir à craindre de les rencontrer, on a soin de sonder toujours la couche en avant et sur les côtés des tailles.

Le gaz inflammable ou hydrogène protocarboné paraît exister dans la houille à l'état de pureté : du moins a-t-on reconnu, par l'essai de ce gaz, soit au moyen du chlore, soit au moyen de l'étincelle électrique, qu'il ne renferme ni hydrogène, ni gaz oléfiant, ni oxyde de carbone (1).

Ce que nous avons dit sur les propriétés de l'hydrogène protocarboné pur peut donc s'appliquer au gaz inflammable des houillères; néanmoins l'air qui circule dans les galeries de mines étant toujours chargé de vapeurs et de gaz, notamment d'acide carbonique et d'azote, la présence de ces éléments dans le mélange doit faire varier ses propriétés, surtout sa combustibilité et sa pesanteur ; mais, comme il n'y a rien de constant dans ces altérations, nous ne saurions en tenir compte dans la discussion qui fait l'objet de ce mémoire. Nous considèrerons donc toujours l'air explosif des mines comme uniquement composé de gaz H^4C et d'air atmosphérique, en proportions diverses.

Un pareil mélange est explosif, comme nous l'avons vu, lorsque la proportion de l'hydrogène protocarboné varie de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{14}$ du volume total ; et l'explosion est d'autant plus violente que cette proportion est moins éloignée de $\frac{1}{8}$.

M. Combes, dans son *Traité sur l'aérage des mines*, récemment publié (2), rend compte ainsi qu'il suit des effets immédiats d'une explosion souterraine.

Effets des explosions. — « Une explosion donne lieu à la pro- » duction d'une masse gazeuse de vapeur d'eau et d'acide car-

(1) (Voir le mémoire de M. Lefroy, déjà cité pag. 45.)

(2) Avril 1839.

» bonique, qui prend subitement un volume considérable (1), » sous l'influence de la température élevée qui se développe » instantanément. Son effet immédiat est d'interrompre tout à » coup la circulation du courant d'air ventilateur, de le refouler en arrière et en même temps de renverser les obstacles » qui s'opposent à l'expansion du gaz dans tous les sens.

» Les ravages faits dans la mine sont plus au moins considérables, suivant l'étendue de la masse gazeuse qui s'est » enflammée.

» Ainsi, quand le feu prend sur une taille, ou dans un bout » de galerie, les ouvriers qui y travaillent peuvent être brûlés » ou blessés, sans que cela apporte aucun trouble sensible » dans la circulation générale de l'air, et sans que les ouvriers » occupés dans les autres parties de la mine s'en aperçoivent.

» Si la masse gazeuse qui prend feu est plus considérable, » il y a explosion. Les gaz produits par la combustion se répandent dans les galeries voisines, renversent les ouvriers » qui se trouvent sur leur passage et quelques portes destinées à diriger le courant d'air. Une partie plus ou moins » étendue de la mine se remplit de gaz irrespirables, chargés » d'une poussière de houille épaisse, que le courant a enlevée » sur le sol des galeries. L'air frais n'arrive plus dans cette partie » des travaux, parce que les portes qui le dirigeaient ont été » renversées; les ouvriers qui s'y trouvent périssent par asphyxie, s'ils n'ont point le temps ou la présence d'esprit de » gagner au plus vite une voie où l'air circule encore. Cependant les grandes voies générales d'aérage sont conservées, » l'explosion n'exerce de ravages que dans une partie restreinte

---

(1) Dans le moment de la plus grande expansion des gaz produits par la détonation d'une partie d'air inflammable et de 6 d'air atmosphérique, le volume du mélange augmente de moitié. (*Notices relatives à la lampe de Davy*, par M. Lefroy.)

» de la mine, où la ventilation n'a plus lieu, tandis que les » ouvriers sont en sûreté dans le reste des travaux.

» Enfin si la masse gazeuse qui s'enflamme est très-considérable, rien ne peut résister à la force du courant qui suit » l'explosion. Les ouvriers, les portes d'air, les boisages qui » se trouvent dans les galeries placées sur le trajet du cou- » rant dévastateur, sont renversés; des pierres, des blocs de » houille énormes sont emportés par lui, aussi bien que la » poussière fine qui couvre le sol des galeries. Il arrive, par la » voie la plus facile ou la plus large, à un ou plusieurs des » puits aboutissant au jour, renverse les machines placées à » la surface, s'élève comme un noir tourbillon de fumée, d'où » retombent d'abord les pierres, les gros débris, et enfin la » poussière de houille qui va se déposer comme les cendres » rejetées par un volcan, jusqu'à des distances considérables » de la mine où l'accident a eu lieu.

» A la suite de ces épouvantables explosions, les galeries » principales sont remplies de gaz irrespirables; un petit nom- » bre d'ouvriers seulement ont été atteints directement et tués » par l'explosion même; les autres périssent par asphyxie, si » on ne leur porte les secours les plus prompts; et malheureu- » sement il est, la plupart du temps, impossible d'arriver jus- » qu'à eux, parce que la circulation de l'air est complétement » interrompue, que les portes sont détruites et que plusieurs » galeries peuvent être obstruées par des éboulements. Les » moyens de déterminer les courants d'air sont eux-mêmes » souvent détruits ou mis hors de service; les foyers d'aérage » placés au bas du puits sont inaccessibles, et l'on s'expose- » rait d'ailleurs, en cherchant à les rallumer, quand ils sont » éteints, à provoquer une nouvelle explosion sur le foyer lui- » même. Les machines soufflantes ou aspirantes, placées à la » surface, peuvent aussi être détruites, ou fortement dégra- » dées. Enfin, le gaz enflammé peut mettre le feu à des boi- » sages ou à la houille, sur quelque point de la mine. »

Tels sont les effets de ces terribles explosions, qui, malgré

tous les efforts tentés jusqu'à ce jour, répandent si souvent la misère, la consternation et la mort dans la population ouvrière de nos plus riches bassins houillers. L'amélioration apportée dans l'aérage des mines, l'invention et les perfectionnements successifs des lampes de sûreté, ont sans doute diminué le nombre de ces accidents; et cependant, sans fouiller bien avant dans le passé, sans remonter au delà d'une année, combien n'aurions-nous pas à compter de victimes dans les seules mines de France et de Belgique, dans les seuls bassins de S[t]-Étienne et de Liége !...

DEUXIÈME PARTIE.

DES MOYENS PROPRES A PRÉVENIR LES EXPLOSIONS DANS LES MINES.

Il faut, comme nous l'avons vu, pour produire une explosion dans une mine, le concours de deux circonstances :

1° Présence d'un mélange explosif;

2° Inflammation de ce mélange par le contact d'un corps incandescent.

Les précautions à prendre pour prévenir les explosions dans les mines peuvent donc avoir pour but, ou d'empêcher la formation des mélanges détonants, ou d'éviter d'introduire dans la mine un corps en combustion capable d'enflammer ces mélanges.

De là une division toute naturelle dans l'examen des mesures de sûreté que l'on doit prescrire dans toutes les mines à grisou.

Dans un premier chapitre, j'examinerai les moyens indiqués soit par la théorie, soit par la pratique, pour empêcher la production des mélanges explosifs, ou pour en purger les mines qui en contiennent déjà.

J'étudierai, dans un second chapitre, les mesures de précaution et les appareils à l'aide desquels on peut pénétrer sans danger et travailler dans une atmosphère inflammable.

CHAPITRE PREMIER.

DES MOYENS D'EMPÊCHER LA FORMATION DES MÉLANGES DÉTONANTS.

Dans toutes les mines où le gaz hydrogène protocarboné se dégage spontanément de la houille, les deux éléments qui, réunis en proportions diverses, forment les mélanges explosifs, l'air et l'hydrogène protocarboné, se trouvent en présence.

Il y a donc tendance constante à la production de ces mélanges, et l'on ne peut en empêcher la formation que par un des moyens suivants :

1° Empêcher le dégagement du gaz hydrogène protocarboné ;

2° Absorber ce gaz au fur et à mesure qu'il se dégage, ou le décomposer en faisant passer ses éléments dans une combinaison inexplosible ;

3° L'isoler et l'entraîner hors de la mine, sans qu'il puisse se mélanger à l'air atmosphérique ;

4° Enfin, le délayer dans un excès d'air, de manière qu'il ne puisse jamais y avoir dans le mélange une proportion d'hydrogène protocarboné suffisante pour le rendre inflammable.

Examinons successivement chacun de ces moyens, et d'abord :

§ 1. — PEUT-ON EMPÊCHER LE DÉGAGEMENT DE L'HYDROGÈNE PROTOCARBONÉ ?

Si le dégagement de gaz inflammable était dû à une cause purement locale, s'il n'avait lieu que dans un petit nombre de points, dans une partie limitée des travaux, il serait sans doute possible alors, en isolant les sources de gaz, en bouchant avec soin les fentes ou les galeries qui le fourniraient ; il serait possible, dis-je, d'empêcher le gaz inflammable de se

répandre dans la mine, et de prévenir ainsi les explosions auxquelles son mélange avec l'air peut donner lieu ; mais il n'en est malheureusement pas ainsi. Nous avons déjà vu que, dans les terrains qui renferment des mines de houille à grisou, ce gaz s'écoule non-seulement par les fissures de la couche charbonneuse, mais encore par celles des grès et des schistes qui forment le toit et le mur; il est donc impossible d'empêcher complétement la diffusion des gaz dans les travaux. Toutefois, comme il y a toujours quelques parties de la mine où son dégagement est plus abondant, par exemple, dans les portions de couche voisines des brouillages, dans les chantiers épuisés et éboulés ......, on doit éviter d'établir une communication entre ces points et les travaux en activité. Si cette communication existe, on doit la boucher par des remblais et des barrages construits avec le plus grand soin. L'on diminuera ainsi beaucoup la proportion du gaz nuisible répandu dans la mine; et, si l'on ne peut prévenir complétement les explosions, du moins en aura-t-on diminué les chances.

On ne saurait donc trop recommander d'isoler, soit par des massifs intacts de houille, soit par des restaplages ou des murs de maçonnerie imperméables aux gaz, toutes les portions de couche où l'on a à craindre de trouver une plus grande abondance de grisou. Il y a parfois dans l'épaisseur des couches de houille des cavités naturelles, d'où le gaz hydrogène protocarboné s'échappe avec une force d'expansion considérable, dès que l'on en approche; ces cavités sont surtout fréquentes dans les houillères du nord de l'Angleterre, où elles sont connues des mineurs sous le nom de *bags of foulness*. Dans les couches sujettes à ces accidents, comme dans celles où l'on a à craindre la rencontre de vieux travaux, on ne doit avancer qu'avec une grande prudence, et faire toujours précéder les tailles de trous de sonde, afin de ne pas se laisser surprendre par une irruption subite de gaz. Ces précautions sont insuffisantes, sans doute, car le gaz inflammable qui se dégage du front des tailles et des parois des galeries, peut suffire pour rendre explosif

l'air qui circule dans les travaux ; mais, si elles sont insuffisantes, elles sont loin d'être superflues, et l'on ne saurait les négliger sans danger.

§ II. — PEUT-ON ABSORBER LE GAZ HYDROGÈNE PROTOCARBONÉ, OU LE DÉCOMPOSER AU FUR ET A MESURE QU'IL SE DÉGAGE?

Assainissement des mines par absorption ou décomposition du gaz. — Dans l'énumération que nous avons faite des propriétés physiques et chimiques du gaz hydrogène protocarboné, nous avons vu que ce composé est presque insoluble dans l'eau, et n'est point absorbé par les alcalis; comme d'ailleurs ses affinités chimiques sont très-faibles, on ne peut guère espérer de l'absorber intégralement.

Décomposition de l'hydrogène protocarboné par le chlore. — Quant à le décomposer, cela paraît d'abord plus facile : il semble en effet, vu la grande affinité de l'hydrogène pour le chlore, que l'on pourrait, à l'aide de ce gaz ou des chlorures qui le cèdent facilement, décomposer l'hydrogène protocarboné, surtout si l'on offrait au carbone mis en liberté un corps avec lequel il pût se combiner.

C'est en effet ce qui a lieu; quand on fait réagir le chlore sur l'hydrogène protocarboné au contact de l'eau, le carbone se combine à l'oxygène de l'eau, pour former soit de l'acide carbonique, soit de l'oxyde de carbone, tandis que le chlore s'empare de l'hydrogène fourni tant par l'eau que par le gaz protocarboné. Malheureusement cette réaction n'a lieu que sous l'influence de la lumière; le chlore gazeux ne saurait donc être utilement employé pour purifier l'air des mines à grisou.

Absorption par le chlorure de chaux. — L'on a essayé, en Angleterre, d'employer à cet usage le chlorure de chaux; on répandait le soir dans la partie de la mine que l'on voulait purifier, quelques kilogrammes de chlorure, et l'on a cru remarquer que l'on était parvenu ainsi à absorber tout le gaz

inflammable qui se développait (1). Ce mode d'assainissement serait insuffisant sans doute dans des mines étendues, où le gaz inflammable serait abondant; mais on pourrait l'employer avec avantage pour purifier des galeries sans issue, où l'air ne circulerait pas suffisamment. L'efficacité de cette méthode me semble du reste mériter d'être confirmée par de nouvelles expériences. Ces expériences, faciles à faire, doivent être signalées à l'attention des propriétaires de mines à grisou, qui trouveraient, dans cette propriété du chlorure de chaux, si elle était confirmée, un préservatif précieux.

Décomposition du grisou par l'oxygène de l'air. — Procédé du feu. — Le seul moyen de décomposition, que l'on ait jusqu'ici employé en grand, pour se débarrasser de l'hydrogène protocarboné, est fondé sur l'affinité des deux éléments constituants, carbone et hydrogène, pour l'oxygène de l'air; ou, si l'on veut, sur la propriété même qui rend ce gaz si dangereux, sur sa combustibilité. Ce moyen, généralement proscrit aujourd'hui, non sans raison, consistait à enflammer le gaz hydrogène protocarboné qui s'accumulait dans les galeries ascendantes et sans issue, ou dans les dômes de la voûte. Voici comment on opérait dans ce mode d'assainissement, que nous désignerons, avec sir James Ryan, par le nom de *procédé du feu*.

Un ouvrier, enveloppé d'un linge mouillé, la figure protégée par un masque à lunettes, s'avançait en rampant dans les galeries, portant devant lui une longue baguette à l'extrémité de laquelle était attachée une torche. En promenant cette torche dans le faîte des galeries, il allumait le gaz qui s'y trouvait accumulé : lorsque cette opération était répétée assez souvent, et que le courant d'air de la mine n'était pas très-rapide, le gaz qui s'était placé en demeure dans les parties élevées des excavations, se trouvait à peu près pur, son inflammation pouvait avoir lieu sans danger pour l'ouvrier. Mais, si la mise du

---

(1) Ces essais ont été faits par M. Fincham, dans la mine de Bradfort.

feu n'avait pas lieu avant que ces réservoirs de gaz placés à la voûte ne fussent remplis, ou si le courant d'air, augmentant et exigeant plus d'espace, obligeait ce gaz à se mouvoir, il se formait alors un mélange détonant, et le procédé du feu, au-lieu de déterminer la destruction tranquille du gaz inflammable, donnait lieu à de fortes explosions qui ont souvent coûté la vie aux ouvriers chargés de mettre le feu.

Dans quelques mines de l'Angleterre, on employait pour allumer le gaz un procédé moins dangereux; voici, d'après James Ryan (1), comment l'on opérait dans ces mines.

« On assemblait les unes aux autres plusieurs longues per-» ches, liées bout à bout, comme le bois d'une ligne à pêcher, » de manière à atteindre le faîte des excavations ou les creux » (*pot hole*) où les vapeurs inflammables se trouvent réunies. » A l'extrémité de la perche, qui devait être le plus élevée, » était fixée une petite poulie, sur laquelle passait un fil de » laiton; ce fil était disposé d'ailleurs pour aboutir à une » petite distance de l'écurie aux chevaux qui était dans la » mine. Cela fait, la perche était attachée fermement à l'endroit » où le gaz se trouvait accumulé; une chandelle fixée à un » morceau de plomb ou à toute autre substance qui pût la main-» tenir droite, était placée d'abord sur le sol par un ouvrier » (*fireman*) dans un endroit où il n'y eut aucun danger; on » l'attachait ensuite au fil métallique. Ces préparatifs terminés, » le *fireman* (2) se retirait dans l'écurie, solidement construite et » barricadée, d'où, en tirant le fil de laiton engagé dans une » entaille de la porte, il pouvait amener la chandelle à l'ex-» trémité de la perche et allumer le gaz. »

Malgré toutes ces précautions, la mise du feu causait encore la mort de beaucoup de *fireman*.

L'on a proposé plus tard d'avoir recours, pour allumer le

---

(1) Dans un mémoire inséré dans le *Repertory of arts*. — Année 1818.

(2) En France, le *fireman* était appelé *canonnier* ou *pénitent*.

gaz inflammable, à une pièce d'artifice qu'on lancerait dans la mine, ou à une batterie d'arme à feu dont on ferait jouer la détente à l'aide d'une longue ficelle; mais, quel que soit le moyen que l'on emploie pour déterminer l'inflammation, le procédé du feu me semble devoir être toujours sévèrement proscrit.

En effet, indépendamment des dangers que court l'ouvrier chargé de mettre le feu, et de la crainte qu'on doit avoir de déterminer par l'explosion des éboulements ou des incendies dans la mine, ce système d'assainissement me paraît tout à fait défectueux par les motifs suivants :

Inconvénients de la méthode dite procédé du feu. — 1° Il ne remplit qu'imparfaitement le but que l'on doit se proposer, vu que le dégagement de gaz étant continuel, le gaz détruit se reproduit bientôt et avec lui les chances d'explosion ;

2° Lorsqu'on veut mettre le feu, ce qui peut avoir lieu jusqu'à trois fois par jour, il faut faire sortir de la mine tous les ouvriers, à l'exception des *fireman,* ce qui occasionne une grande perte de temps ;

3° Ce procédé du feu exige qu'on laisse beaucoup de houille en piliers, afin qu'ils puissent soutenir le toit, malgré les ébranlements fréquents qu'il éprouve ;

4° La houille est brisée et endommagée par la percussion et la chaleur qui résultent de la combustion du gaz ; souvent le feu prend à la houille, et l'on est alors obligé de suspendre les travaux et de boucher toutes les issues de la mine pour arrêter les progrès de l'incendie ;

5° Les boisages sont promptement altérés par la chaleur, s'ils ne sont brisés et renversés par la commotion ;

6° Le courant d'air peut être complétement intercepté par des éboulements qui obstruent les voies d'aérage, ou par suite de la rupture des portes ;

7° Enfin, la combustion de l'hydrogène protocarboné dans la mine a l'inconvénient grave de substituer un mal à un autre mal, de remplacer un gaz combustible par un gaz irrespirable, puisque le produit de cette combustion est, comme nous

l'avons déjà dit, principalement composé d'acide carbonique et d'azote, gaz impropres à entretenir la vie, et que l'*on* consomme deux volumes d'oxygène pour un de gaz brûlé.

D'après ces considérations, on a dû condamner la méthode du feu comme dangereuse, et elle est aujourd'hui généralement abandonnée; cependant le principe sur lequel elle reposait, la décomposition de l'hydrogène protocarboné, basée sur sa combustibilité ou sur l'affinité de ses éléments pour l'oxygène, pourrait être mis à profit, si l'on possédait un moyen d'opérer cette décomposition d'une manière lente et tranquille, mais continue, au lieu de l'effectuer d'une manière instantanée et souvent violente, comme cela avait lieu par l'inflammation du gaz.

Emploi de l'éponge de platine, pour faciliter la réaction de l'oxygène sur l'hydrogène protocarboné. — Ce moyen, on a cru le trouver dans la propriété du platine que nous avons déjà signalée. La présence d'une éponge de ce métal dans un mélange d'air et de gaz inflammable, favorise en effet la réaction de l'oxygène sur l'hydrogène et le carbone, et le mélange explosif se trouve ainsi peu à peu décomposé. La décomposition a d'abord lieu sans flamme et d'une manière insensible; mais, comme elle donne lieu à un dégagement considérable de calorique, le platine s'échaufferait bientôt au point de rougir et de faire détoner par son contact la portion du mélange non encore décomposée. On pourrait parer à cet inconvénient en mêlant à l'éponge de platine une substance qui aurait la double propriété d'être sans action sur le mélange explosif, et d'absorber une grande partie du calorique dégagé. Il est évident, en effet, que le mélange ainsi obtenu produirait une décomposition plus lente, donnerait lieu à un moindre dégagement de calorique et s'échaufferait d'ailleurs beaucoup plus lentement que le platine pur. Tels sont probablement les motifs qui ont fait proposer l'emploi de boules composées de : 1 partie de platine et 2 d'argile, pour opérer la combustion lente et

sans flamme de l'hydrogène protocarboné dans les mines (1).

Le succès de cette méthode, théoriquement bonne, a besoin d'être confirmé par des expériences directes, faites sur une assez grande échelle; tant qu'elle n'aura pas été sanctionnée par la pratique, son efficacité me paraîtra fort douteuse.

§ III. — PEUT-ON ISOLER LE GAZ INFLAMMABLE ET L'ENTRAÎNER HORS DE LA MINE, SANS LE LAISSER MÉLANGER AVEC L'AIR?

Méthode d'assainissement par soustraction du gaz. — Galeries du gaz inflammable. — La différence considérable de densité qui existe entre l'air et l'hydrogène protocarboné semble offrir un moyen simple d'isoler ces deux gaz et de les conduire hors de la mine par des voies séparées, dont l'une supérieure, servirait à l'écoulement du gaz H^4C, et l'autre inférieure serait destinée à la circulation de l'air. Ce moyen a été essayé en Angleterre. M. James Ryan de Netherton, qui en est l'inventeur (2), dit l'avoir employé avec un plein succès dans plusieurs mines des comtés de Durham, de Northumberland et du Staffordshire. Dans la mine de *Buffery*, qu'il dirigeait, l'adoption de cette méthode permit, au bout de trois mois, d'abandonner entièrement la méthode du feu, à laquelle on avait jusque-là sacrifié journellement beaucoup d'argent et d'hommes.

Ce procédé, que nous pourrions appeler méthode d'assainissement *par décantation du gaz*, a été longuement décrit par l'auteur déjà cité, dans un mémoire inséré, en 1818, dans le *Repertory of arts* (3); voici en résumé, à quoi il se réduit.

---

(1) Ce moyen d'assainissement des mines à grisou a été proposé par le docteur Aloys Wehrle. — (*Die Gruben Wetter*, p. 66.)

(2) Cette découverte valut à l'auteur une médaille d'or et un prix de cent guinées, que lui décerna la société d'encouragement pour l'industrie, formée à Londres.

(3) Ce mémoire paraît avoir été écrit avant l'invention de la lampe de sûreté, et, par conséquent, longtemps avant 1818.

A cause de sa légèreté spécifique, le gaz hydrogène proto-carboné s'accumule, comme nous l'avons dit, dans les parties les plus élevées des travaux, et surtout dans les galeries montantes, terminées en cul-de-sac, et dans les dômes ou cloches de la voûte qui forment autant de réservoirs remplis de gaz à peu près pur. Si l'on peut mettre le sommet de chacun de ces réservoirs en communication avec l'extérieur, le gaz qui s'y trouve renfermé devra évidemment s'écouler. L'on obtient ce résultat au moyen d'une galerie ou conduit des gaz (*gaz course*), qui communique avec chacun des réservoirs de gaz, par de petites galeries ou par de simples trous de sonde.

Cette voie générale des gaz doit évidemment occuper la partie la plus élevée des travaux (1), afin que le gaz s'y rende naturellement, en vertu de sa force ascensionnelle. Elle débouche dans le puits aspirateur par un orifice situé à une hauteur assez considérable au-dessus des voies parcourues habituellement par les ouvriers (2).

Disposition des conduits du gaz inflammable. — Quand tous les travaux doivent être compris dans le plan d'une couche peu puissante, comme dans les mines du pays de Liége, du bassin de Mons et de Valenciennes, de Newcastle....., la galerie des gaz (*gaz course* ou *gaz headway*) sera une galerie de ceinture et d'exploration; elle aura ainsi l'avantage, tout en remplissant le but que nous avons indiqué, de prévenir toute éruption soudaine des eaux ou des gaz nuisibles renfermés dans de vieux ouvrages, de dispenser, par conséquent, des sondages que l'on fait toutes les nuits dans la plupart de ces mines, de faire connaître enfin *a priori* l'allure des couches dans l'étendue du champ d'exploitation.

Quand les travaux sont disposés par étages dans des gîtes

(1) Le contraire aurait lieu, si la voie des gaz devait servir à l'écoulement d'un gaz plus dense que l'air, comme l'acide carbonique.

(2) D'après James Ryan, 10 ou 12 pieds suffiraient pour cette hauteur.



de houille épais comme dans les mines de Rive-de-Gier, de Staffordshire, etc., la voie du gaz inflammable doit être située dans l'étage supérieur et communiquer, par des trous de sonde ou par de petits puits, avec tous les réservoirs de gaz. Il en serait de même si l'on exploitait deux ou plusieurs couches peu épaisses et peu distantes les unes des autres; on établirait alors la galerie du gaz dans la couche supérieure. Quelles que soient du reste l'allure du gîte et la disposition que l'on adopte pour les travaux, la galerie du gaz doit être faite avant les tailles. Quant aux percées ou petites conduites de gaz, qui doivent réunir les tailles à la conduite principale, elles doivent nécessairement accompagner les travaux à mesure qu'ils avancent; mais il est beaucoup mieux de les faire à l'avance autant que possible (1). Par ce moyen on extrait une grande partie du gaz et l'on complète la reconnaissance de la mine. Dans un champ d'exploitation ainsi préparé, c'est-à-dire entouré d'une galerie d'enceinte devant servir à l'écoulement des gaz, et criblé en quelque sorte de petites galeries ou de trous de sonde, on pourra travailler sans crainte et sans incertitude.

La méthode d'extraction du gaz inflammable, au moyen de conduits particuliers, offre, comme on peut le conclure de ce qui précède, des avantages incontestables. L'emploi de cette méthode, il est vrai, ne saurait être considéré que comme mesure accessoire, et ne doit point dispenser de prendre toutes les autres précautions prescrites par une sage prudence; car il est impossible, quelque soin que l'on prenne, d'opérer la séparation complète des gaz (2); mais si elle n'est point à elle seule un préservatif suffisant, elle est du moins un auxiliaire pré-

---

(1) Ces percées sont, pour les couches à grisou, ce que sont les saignées pour les terrains humides que l'on veut dessécher. Elles soutirent le gaz d'autant plus facilement que la houille est plus poreuse et plus fissurée.

(2) A cause de la propriété commune à tous les gaz de se mêler entre eux, malgré les différences de pesanteur, quand ils sont contenus dans un même espace.

cieux; elle est le complément nécessaire d'un bon système d'aérage, et je ne saurais trop fortement exprimer le vœu de voir adopter, dans toutes les mines à grisou, l'emploi de ce procédé, encore trop peu répandu. Pour retirer des conduits de gaz tous les avantages qu'ils sont succeptibles d'offrir, et extraire la plus grande quantité possible de gaz, il faut que ces conduits satisfassent aux conditions suivantes :

1° La galerie générale du gaz imflammable doit parcourir la partie la plus élevée du champ d'exploitation ;

2° Elle peut communiquer au jour, soit par un puits spécialement consacré à cet usage, soit par le puits de sortie du courant d'air. Dans tous les cas, la circulation du gaz doit être déterminée par une aspiration active, et l'on doit se ménager les moyens d'augmenter la vitesse de circulation, quand les circonstances l'exigent ;

3° De nombreuses percées consistant soit en petits puits ou galeries, soit en trous de sonde, doivent mettre la galerie principale du gaz en communication avec toutes les tailles, avec les portions des galeries et des voies d'aérage où l'hydrogène protocarboné a plus de tendance à s'accumuler ; et ces communications doivent être surtout fréquentes, dans les points où le dégagement du grisou est plus abondant, comme dans le voisinage des failles et des vieux travaux ;

4° La voie du gaz ne doit communiquer avec le puits et les galeries d'entrée de l'air qu'au moyen des percées destinées à soutirer le gaz ; mais on peut, comme je l'ai déjà dit, la conduire soit sur la voie de retour (troussage), soit sur le puits de sortie de l'air, au delà des points que les ouvriers sont obligés de parcourir ;

5° Les dimensions de la galerie principale et celles des percées doivent être réglées d'après la quantité de gaz qui doit y passer. Des trous de sonde de 3 à 4 pouces sont suffisants pour mettre la plupart des tailles en communication avec la voie générale du gaz, s'ils sont éloignés seulement de 20 à 30 mètres les uns des autres. Les percées ou soupiraux qui communi-

quent avec de vieux chantiers ou avec des soufflards, peuvent avoir un diamètre un peu plus grand, ou être plus multipliés. Quant au conduit principal du gaz, une section de 4 mètres carrés sera plus que suffisante.

§ IV.

Méthode d'assainissement par dilution. — J'arrive au système d'assainissement le plus efficace et le plus universellement employé dans les mines à grisou. L'efficacité de ce système repose sur deux faits que j'ai déjà eu l'occasion de signaler, à savoir :

1° Lorsque deux ou plusieurs gaz sont renfermés dans un même vase, ou dans des vases communiquant entre eux, ces fluides, au lieu de se disposer par ordre de densité (comme cela a lieu pour la plupart des liquides), forment, au bout de peu de temps, un mélange parfaitement uniforme ;

2° Un mélange d'air et de gaz inflammable n'est point explosif, quand il renferme moins de $\frac{1}{14}$ de ce gaz.

De ces deux principes, il résulte qu'on aura évité tout danger, si l'on peut faire circuler, dans toutes les parties de la mine où les causes d'explosion (corps incandescent et gaz inflammable) pourraient se trouver réunies, une masse d'air assez considérable. Entraîné et délayé par le courant, à mesure qu'il se dégage, le gaz hydrogène protocarboné ne pourra ni s'accumuler dans les travaux, comme cela arrive quand l'aérage est peu actif, ni former un mélange détonant avec l'air qui lui sert de véhicule, et dont il ne forme qu'une très-faible fraction.

Aérage des mines à grisou. — Ce procédé d'assainissement se réduit, comme on le voit, à un bon aérage des travaux : c'est assez dire combien il exige de la part de ceux qui l'emploient une étude approfondie, et une surveillance active et continue.

Ce serait sans doute ici le lieu d'examiner les diverses méthodes proposées pour déterminer une bonne distribution de

l'air dans les mines; de discuter les avantages comparatifs des courants simples ou multiples, des foyers d'aérage, ou des machines aspirantes et foulantes; mais une pareille discussion m'entraînerait trop loin de mon sujet, et je ne saurais d'ailleurs rien ajouter à ce que M. Combes a publié à cet égard dans son excellent *Traité sur l'aérage des mines*. Je passerai donc sous silence les dispositions communes à toutes les mines, pour n'insister que sur celles qui s'appliquent spécialement aux mines à grisou. Ces dispositions sont surtout relatives à la vitesse et à la direction du courant d'air; elles sont commandées par les propriétés particulières à l'hydrogène protocarboné.

Dispositions générales des voies d'aérage. — Ce gaz ayant, par suite de sa légèreté, une tendance continuelle à rester isolé hors du courant ventilateur, s'accumule dans toutes les petites cavités où il peut échapper à l'action dissolvante de l'air. Aussi a-t-on remarqué qu'il semble s'attacher aux bois de mine, et se cacher dans les angles rentrants des galeries, dans les anfractuosités des parois, et surtout dans celles de la voûte, où les ouvriers s'amusent quelquefois à l'enflammer.

Il est évident, d'après cela, que, pour éviter qu'aucune portion de gaz n'échappe à la force entraînante du courant d'air, on doit forcer ce courant à passer le plus près possible des tailles; et cela au moyen de murs, construits avec soin, et suivant tous les contours de ces tailles; on doit, par la même raison, éviter les étranglements et les sinuosités dans la voie d'aérage, et surtout la formation des cloches produites par l'éboulement de la voûte. Il faut, en un mot, que le courant d'air circule dans une galerie dont la section soit à peu près uniforme et la direction peu sinueuse : les parois de cette galerie doivent être unies et imperméables à l'air et au gaz; elle doit être assez large pour que la quantité d'air qui la parcourt habituellement, avec une vitesse de $0^m,60$ par seconde, soit suffisante pour éviter la production du mélange détonant.

Division du courant ventilateur. — Voie de retour ou trous-

sage. — Dans les mines où les travaux ont un grand développement, il est souvent utile ou même nécessaire de diviser le courant d'air en plusieurs branches. Une de ces branches circule dans la partie des travaux où le dégagement du gaz est le plus abondant, et devient un véritable conduit du gaz inflammable; tandis que les autres branches se rendent directement sur le front des tailles, où elles versent un air pur. Lorsque l'on divise ainsi le courant d'air, chacune des galeries destinées à la circulation d'un courant partiel doit satisfaire aux mêmes conditions que nous avons indiquées tout à l'heure pour la galerie principale. Cette division est toujours avantageuse, mais elle exige que l'on ait à sa disposition un courant d'air assez considérable pour fournir, dans chacune des voies partielles, une circulation active. La galerie ou le puits d'entrée de l'air doit donc avoir une section à peu près égale à la somme des sections des diverses branches. Quant à la voie de retour dans laquelle elles viennent se réunir, sa section normale doit être plus grande, puisqu'elle doit livrer passage non-seulement à l'air versé dans la mine, mais encore à tous les gaz qu'il a délayés dans son parcours souterrain. Cette voie de retour doit d'ailleurs être isolée des parties de la mine fréquentées par les ouvriers.

Marche du courant d'air dans la mine. — La première condition d'un bon système d'aérage est d'avoir l'air le plus pur possible, dans tous les points où l'on est obligé de travailler, c'est-à-dire dans les tailles et dans les galeries de passage ou de roulage. Le courant d'air entrant devra donc se diriger à travers ces galeries, et le plus directement qu'il se peut, vers les travaux en activité, en évitant avec soin les parties de la mine les plus sujettes au grisou.

Il doit parcourir toutes les tailles, lécher en quelque sorte la surface (pour me servir de l'expression de M. Baillet), et ce n'est qu'après avoir suivi toute la ligne des mineurs qu'il peut être dirigé vers l'orifice de sortie, par le chemin le plus court, et à travers des galeries complétement isolées du reste des

travaux. Dans les exploitations où le front des tailles offre un développement considérable, il est à craindre que le courant d'air ne soit vicié, avant d'arriver à l'extrémité de ces tailles. Pour prévenir les malheurs auxquels cet inconvénient pourrait donner lieu, on a proposé de substituer une série de tailles plus petites aux tailles d'une grande étendue; mais il est évident que le même danger existerait avec les petites tailles, si l'on ne faisait arriver sur chacune d'elles un courant d'air particulier, détaché du courant général.

Il faut donner au courant d'air une direction ascendante. — Dans tout ce qui précède, nous n'avons point tenu compte des différences de niveau qui peuvent exister entre les diverses parties de la voie d'aérage; cette considération est cependant d'une grande importance, comme nous allons le démontrer.

Quand de l'air et de l'hydrogène protocarboné sont réunis dans une galerie, ces deux gaz, avant d'obéir à la force de diffusion en vertu de laquelle ils doivent se mêler uniformément, sont sollicités par les forces résultant de la différence de pesanteur spécifique, et l'hydrogène protocarboné tend à s'élever à travers la masse d'air mélangé.

Si le mélange est en mouvement, l'hydrogène protocarboné se trouve alors soumis à l'action de deux forces, l'une (la différence de densité) qui le sollicite du bas en haut; l'autre (l'action entraînante du courant d'air) qui le sollicite dans le sens du mouvement. Ces deux forces agiront dans le même sens ou dans un sens inverse, s'aideront ou se contrarieront, selon que le courant d'air sera dirigé de bas en haut ou de haut en bas. Or, comme le but de l'aérage est d'entraîner les gaz nuisibles le plus promptement possible hors de la mine, on se placera dans les meilleures conditions en faisant concourir pour l'entraîner au dehors les deux forces qui sollicitent le gaz hydrogène protocarboné, ou, en d'autres termes, en donnant au courant d'air une direction ascendante. C'est par un motif semblable que l'on doit toujours pousser les tailles en descendant, afin que le gaz ne reste pas stagnant à la surface

de la veine : ce qui ne manquerait pas d'arriver, si l'on suivait une marche inverse.

Volume du courant d'air. — Le volume de l'air que l'on doit faire circuler dans les mines n'est point déterminé. Ce volume doit être évidemment d'autant plus grand que la mine est plus étendue, et l'affluence du gaz plus considérable ; on doit donc, dans une mine bien dirigée, se ménager les moyens d'activer la ventilation : 1° à mesure que les travaux acquièrent plus de développement ; 2° lorsque, par l'effet de circonstances accidentelles, le dégagement d'hydrogène protocarboné vient à augmenter.

La masse d'air fournie dans l'unité de temps, par le courant ventilateur, est proportionnelle à la section des galeries d'aérage et à la vitesse du courant ; or, comme l'on ne saurait augmenter indéfiniment cette section et cette vitesse, il y a aussi des limites que l'on ne saurait dépasser dans le volume du courant d'air. Il est impossible de fixer ces limites d'une manière générale ; je me contenterai donc de citer celles qui résultent des nombreuses expériences faites, dans les mines de Belgique, par M. Combes. Voici ce que cet ingénieur m'écrivait à ce sujet, en octobre 1837 :

« Le volume d'air que j'ai trouvé dans les mines les moins
» bien ventilées des environs de Mons et d'Anzin, est d'au moins
» 1,70 mètre cube par seconde.

» Dans les mines étendues du pays de Liége et du Hainaut,
» dans celles sujettes au gaz hydrogène carboné, j'ai trouvé jus-
» qu'à 7 ½ mètres cubes par seconde, lorsque le courant était
» déterminé par des machines aspirantes, et 3 ⅓ mètres cubes,
» lorsque le courant était déterminé par des foyers d'aérage. »

Et dans une autre lettre du 11 avril 1838 :

« Mes expériences en Belgique (1) m'ont donné, pour le

---

(1) Ces expériences ont été faites à l'aide de l'anémomètre de M. Combes, décrit dans les *Annales des mines* (3me série, tome 13, 1re livraison).

» volume d'air total qui entre dans la mine la plus étendue » que j'aie visitée, 8 mètres cubes par seconde. Le courant » était subdivisé, dans cette mine, en 5 branches isolées les » unes des autres, et qui ne se réunissaient que dans les puits » d'entrée et de sortie de l'air. »

Il y aurait, je crois, une grande imprudence à dépasser ou même à atteindre la limite inférieure de 1,70 m. c., à moins que ce ne fût dans une exploitation nouvellement ouverte, dont les travaux seraient encore peu étendus. Quant à la limite supérieure, 8 mètres cubes, elle sera sans doute plus que suffisante dans le plus grand nombre de cas; on peut cependant se trouver quelquefois dans la nécessité de la dépasser, soit pour se débarrasser d'une éruption soudaine et considérable de gaz inflammable, soit pour rétablir le courant ventilateur qui aurait été suspendu ou renversé par l'effet d'une explosion...

Vitesse du courant d'air. — J'ai dit, tout à l'heure, que la quantité d'air passant dans un point donné de la voie d'aérage est proportionnelle à la section normale de la galerie dans ce point et à la vitesse de l'air : on ne peut donc activer la ventilation qu'en augmentant, ou les dimensions des galeries dans lesquelles l'air doit circuler, ou la vitesse du courant d'air. Or, comme l'on ne peut pas raisonnablement songer à faire continuellement varier les dimensions des galeries, c'est par des variations convenables dans la vitesse du courant que l'on cherche à établir toujours un juste rapport entre les moyens d'aérage et la quantité plus ou moins grande d'hydrogène carboné que l'air doit entraîner. Ces variations de vitesse s'obtiennent par des variations correspondantes dans la puissance du moteur destiné à établir le courant d'air. Pour les produire en temps opportun, il faudrait pouvoir apprécier, à chaque instant, d'une part la dépense du courant d'air, de l'autre l'abondance du gaz inflammable. Le volume de l'air peut être facilement calculé avec le secours de l'anémomètre, appliqué par M. Combes au jaugeage des courants d'air. Quant à l'abondance de l'hydrogène protocarboné, les indications four-

nies par la flamme de la lampe la feraient aisément reconnaître si elle devenait trop considérable. Une opération chimique fort simple permet d'ailleurs de l'évaluer avec exactitude; mais cette évaluation précise est rarement nécessaire, quand on veut savoir seulement si l'on doit augmenter ou diminuer la ventilation. Nous avons, en effet, déjà fait connaître les circonstances de temps ou de lieux qui amènent ou accompagnent un dégagement plus abondant de grisou. On devra augmenter la vitesse du courant d'air toutes les fois que ces circonstances se présenteront, c'est-à-dire quand on travaillera dans les parties de mines voisines des vieux travaux, des failles, des brouillages, au moment de l'abatage, et toutes les fois que le baromètre indiquera une diminution dans la pression atmosphérique (1).

La vitesse de circulation de l'air doit toujours être assez grande pour opérer la diffusion du gaz H^4C qui, par l'effet de sa légèreté, tend à s'isoler dans les parties les plus élevées des travaux. L'expérience a appris que la vitesse la plus convenable est d'environ $0^m,60$ par seconde : c'est la vitesse qu'il convient de donner habituellement au courant d'air; mais on l'augmentera dans les circonstances que nous avons indiquées, sans que l'on puisse toutefois dépasser certaines limites, au delà desquelles l'air deviendrait gênant pour les ouvriers. La limite maximum fixée par l'expérience est de $1^m,20$ par seconde. Nous reviendrons plus tard, quand il sera question des lampes de Davy, sur les motifs qui ont fait admettre cette limite (2).

---

(1) Il serait utile d'établir, dans chaque mine à grisou, comme on le fait dans quelques exploitations du nord de l'Angleterre, un baromètre que consulteraient souvent le maître mineur, et surtout l'ouvrier (*wasteman*) chargé de la direction de l'aérage.

(2) Un courant d'air doué d'une vitesse de $1^m,50$ par seconde suffit pour éteindre la flamme des lampes, quand cette flamme est libre, et pour la faire passer à travers le tissu métallique, quand on se sert de lampes de Davy.

Dimensions des voies d'aérage. — Nous avons vu que le volume d'air que l'on doit faire circuler dans la mine peut aller quelquefois jusqu'à 8 mètres cubes par seconde. Or, si l'on cherche quelle section il faudrait donner à une galerie pour que le courant d'air qui la parcourrait avec une vitesse de $0^m,60$ pût jauger 8 mètres cubes par seconde, on trouvera que cette section serait égale à 13,333 mètres carrés, et que par conséquent la galerie devrait avoir environ $3^m,70$ de hauteur, sur une largeur égale. Ces dimensions sont de beaucoup supérieures à celles que l'on donne habituellement aux galeries souterraines, et l'on ne saurait les atteindre sans augmenter considérablement les difficultés et les frais de percement et d'entretien. La section des voies d'aérage dépasse rarement 4 mètres carrés; le plus souvent elle est beaucoup moindre. Le volume d'air qui circule dans ces voies ne peut donc surpasser $0^m,60 \times 4$ mètres carrés soit 2,40 mètres cubes, si l'on veut donner au courant ventilateur la vitesse la plus avantageuse.

Ce chiffre de 2,40 mètres cubes est toujours insuffisant pour les mines un peu étendues, surtout pour les mines à grisou. On pourrait, à la vérité, en augmentant la vitesse du courant, augmenter aussi son volume, mais la vitesse maximum $1^m,20$ par $1''$ ne donnerait que 4,80 mètres cubes pour le volume; chiffre insuffisant encore dans un grand nombre de cas. Il y aurait d'ailleurs imprudence à porter, de prime-abord, la vitesse de l'air à son maximum, puisque l'on se priverait ainsi de la faculté d'activer la ventilation dans les cas où l'abondance de grisou devient plus grande. Il n'y a donc qu'un moyen de faire circuler dans la mine un courant d'air considérable, sans augmenter outre mesure ni la vitesse du courant, ni la section des galeries; et ce moyen consiste à avoir, au lieu d'une voie d'aérage unique, deux ou plusieurs voies, dont les sections réunies donnent une somme égale ou un peu supérieure à la section calculée. Supposons, par exemple, que l'on veuille faire circuler habituellement dans la mine 7 mètres cubes par seconde, avec une vitesse de $0^m,60$; la section, calculée

pour une galerie unique, destinée à produire cet effet, serait $\frac{70}{6}$, soit 11,66 mètres carrés; mais il est évident que l'on peut, au lieu du courant fournissant 7 mètres cubes, avoir 2 courants fournissant chacun 3,50 mètres cubes, ou bien 3 courants fournissant $\frac{7}{3} = 2,333$ mètres cubes chacun. Or une galerie de 2 mètres de côté suffirait pour l'écoulement de chacun de ces courants de 2,333 mètres cubes. L'on pourrait encore réduire les dimensions de ces galeries d'aérage en augmentant leur nombre; mais il importe de ne pas pousser cette réduction trop loin, parce que l'on augmenterait trop la surface du contact de l'air avec les parois des galeries, et par suite la résistance due au frottement. Les divers courants d'air qui circulent dans une même mine peuvent être complétement indépendants les uns des autres; mais il serait évidemment beaucoup trop coûteux de faire percer, pour chacun d'eux, un puits de descente et un puits de sortie, de consacrer à chacun un moteur différent : aussi se confondent-ils généralement dans les puits d'entrée et de sortie, et leur mouvement est déterminé par un même moteur.

Choix du moteur propre à déterminer le courant d'air. — Ce moteur peut être soit un foyer d'aérage, soit une machine aspirante ou foulante. Dans quelques mines, la seule différence de pression atmosphérique sur les orifices d'entrée et de sortie du courant d'air, favorisée par les variations de température et par conséquent de densité que cet air éprouve, en parcourant les travaux, suffit pour procurer une bonne ventilation. Ce système d'aérage naturel, usité dans quelques exploitations des environs de Liége, ouvertes sur des couches à grisou, me paraît insuffisant, parce qu'il ne laisse aucun moyen d'augmenter la force du courant, comme cela peut souvent devenir nécessaire, à la suite d'une éruption subite de gaz inflammable.

Ce que nous avons dit sur le dégagement de l'hydrogène protocarboné (pages 48 et suivantes), prouve que, pour empêcher ces affluences imprévues de grisou, qui suivent la chute

du mercure dans le baromètre, il importe d'éviter les changements de pression exercée sur les parois des tailles ou des galeries par le courant d'air ventilateur. Or, comme l'air introduit dans la mine éprouve une diminution de densité, quand le baromètre est bas, l'on ne peut évidemment entretenir l'égalité de pression du courant qu'en augmentant sa vitesse. On doit donc avoir à sa disposition, dans toutes les mines sujettes au grisou, un moteur dont on puisse faire varier la force à volonté, et qui permette d'imprimer au courant d'air une grande vitesse, pour se débarrasser promptement soit d'une quantité considérable de gaz inflammable, qu'un accident imprévu aurait amené dans la mine, soit des gaz irrespirables produits par une explosion qu'on n'aurait pu éviter.

Des foyers d'aérage. — De tous les moteurs propres à activer la ventilation, les foyers d'aérage sont encore les plus généralement employés, malgré l'avantage incontestable des machines (1).

Ces foyers d'aérage sont établis tantôt à la surface du sol, tantôt, ce qui vaut beaucoup mieux, au bas du puits de sortie de l'air. Quelle que soit du reste la position des foyers, ils ont, surtout dans les mines sujettes au feu grisou, des inconvénients

---

(1) Les avantages comparatifs des foyers d'aérage et des diverses machines aspirantes ou soufflantes se trouvent indiqués et discutés par M. Combes, dans son *Mémoire sur le mouvement de l'air dans les tuyaux de conduite* (*Annales des mines*, 1837, 5me livraison, pages 450 et suivantes), et plus récemment dans son *Traité sur l'aérage des mines*. Les idées de cet ingénieur à cet égard se trouvent résumées dans l'extrait suivant d'une de ses lettres. « Je regarde comme bien positive la supériorité des machines sur les foyers, » lorsqu'on a du gaz inflammable dans les travaux. Dans tous les autres cas, » les foyers d'aérage paraissent pouvoir continuer à être employés dans les » mines de houille où le combustible coûte toujours très-peu. Quant aux machines, la meilleure de toutes est, selon moi, le ventilateur à force centrifuge, que je construis d'une tout autre manière que les ventilateurs » ordinaires. » (Avril 1838.)

graves qui devraient les faire abandonner. Ces inconvénients consistent principalement en ce que :

1° Pour un même effet obtenu, la dépense en combustible est plus considérable ;

2° Quelque soin qu'on prenne pour isoler complétement le foyer de la voie de retour, il peut arriver, surtout quand les puits de sortie sont étroits, comme cela a lieu dans la plupart des mines du nord de la France et de la Belgique ; il peut arriver, dis-je, qu'une partie du courant d'air chargé de grisou soit refoulé, et pénètre à travers les digues ou les portes régulatrices jusqu'au foyer, où il produirait une explosion ;

3° Il est impossible, après une explosion qui aurait renversé les portes destinées à isoler le foyer, d'activer le courant d'air, ou de lui rendre sa direction première, dans le cas où cette direction aurait été renversée ;

4° La vitesse et la pression du courant d'air sont moins faciles à régler à l'aide des foyers qu'à l'aide des machines.

Malgré ces désavantages, les foyers d'aérage sont encore exclusivement employés dans les mines du nord de l'Angleterre et de la France. Il est vrai que, par une disposition convenable des foyers, on peut empêcher que le courant d'air inflammable puisse jamais l'atteindre ; il est vrai aussi que les machines qu'on peut substituer aux foyers ne sont pas elles-mêmes exemptes d'inconvénients ; ainsi la petite économie de combustible qu'offre l'emploi des machines est souvent plus que compensée, par les frais considérables de construction et d'entretien qu'elles exigent.

Des machines destinées à activer la circulation de l'air dans les mines. — Les machines sont d'ailleurs sujettes à des dégradations, à des dérangements nombreux, qui peuvent amener une suspension dans leur jeu, et par suite dans la ventilation de la mine et dans les travaux d'exploitation. Elles peuvent être détruites par l'effet d'une forte explosion, et l'on se trouve alors privé de tout moyen de rétablir la circulation de l'air. Les machines ont enfin l'inconvénient d'exiger un puits unique-

ment consacré à l'entrée ou à la sortie du courant ventilateur.

Quoi qu'il en soit, comme en supprimant les foyers d'aérage, on fait disparaître une des causes d'explosion, comme d'ailleurs ces foyers peuvent, sous le rapport dynamique, être avantageusement remplacés par des machines aspirantes ou foulantes, mues par la vapeur ou par tout autre moyen; comme ces machines peuvent être soustraites aux chances de destruction que nous avons signalées; comme enfin quelques-unes d'entre elles sont, vu leur extrême simplicité, d'un établissement et d'un entretien peu coûteux, et très-peu sujettes à se déranger, je crois que la substitution des machines aux foyers d'aérage devra être adoptée toutes les fois que l'on pourra consacrer un puits au service exclusif de la machine.

Cette substitution a déjà été effectuée dans plusieurs mines de la Belgique, où l'on emploie aujourd'hui des machines aspirantes à piston. La première de ces machines fut établie, en 1830, dans le district de Mons, sur la fosse St-Louis, concession de Griseuil. La plus puissante est celle de l'Espérance, (près de Seraing), qui extrait 8 mètres cubes d'air par seconde.

Je n'essaierai point de discuter les motifs qui peuvent faire donner la préférence à telle ou telle machine, à l'exclusion des autres; je renvoie, pour tout ce qui intéresse ce sujet, au savant mémoire déjà si souvent cité, de M. Combes (*Mémoire sur l'aérage*, pag. 113 et suiv.). Je me bornerai à exposer les résultats de cette discussion, que l'on peut résumer ainsi :

Les machines employées, ou proposées jusqu'à ce jour, pour la ventilation des mines, sont :

1° Les machines à piston, aspirantes et foulantes;

2° Le ventilateur du Hartz;

3° Les trompes;

4° Le ventilateur à force centrifuge et à ailes courbes, proposé par M. Combes.

Les machines à piston, soit qu'elles agissent par aspiration ou par refoulement, sont d'une construction difficile, et par conséquent fort coûteuses; elles exigent un entretien conti-

nuel, elles occasionnent enfin une perte considérable de force motrice, perte souvent bien supérieure au travail utile. Ainsi, pour la machine de l'Espérance, le rapport du travail moteur au travail effectif, est :: 3 : 1; pour la machine de Sacré-Madame (près de Charleroi), le rapport est :: 4 : 1, et pour celle de Monceau-Fontaine (même district) il est :: 5 : 1.

Le ventilateur du Hartz offre par sa simplicité un avantage sur les machines à piston. Il exige des réparations moins fréquentes. L'eau qui remplit la caisse fixe empêchant toute fuite d'air entre les parois des deux caisses, celles-ci n'ont pas besoin d'être allésées; de là une économie considérable dans les frais d'établissement. Quant aux frais d'entretien, ils sont à peu près nuls. Cette machine, comme la précédente, peut être simple ou double, aspirer l'air ou le refouler; malheureusement elle a aussi l'inconvénient d'absorber en pure perte une assez grande partie de la force motrice, pour vaincre la résistance que l'air éprouve à travers les clapets, où il est obligé de prendre une vitesse considérable (1).

Les trompes sont des appareils fort simples et très-peu coûteux; on peut les employer toutes les fois qu'on a à sa disposition une chute d'eau un peu considérable, et que la mine a une galerie d'écoulement par laquelle on peut évacuer les eaux versées dans le puits (2). Il faut observer toutefois que les trompes n'utilisent qu'une très-faible fraction de la force motrice (0,15 au plus), et que l'on pourrait employer beaucoup plus utilement la chute d'eau dont on dispose, au moyen d'une roue hydraulique qui donnerait le mouvement à un ventilateur bien construit.

---

(1) Cette machine a été décrite par M. Héron de Villefosse, qui en a donné le dessin dans son *Atlas de la richesse minérale*, pl. 51, *fig.* 15, 16 et 17.

(2) *Voy.* dans les *Annales des mines*, 1re série, tom. VIII, pag. 595, et 2me série, tom. IV, pag. 211, les mémoires de MM. Thibaud et Tardy, sur les trompes des forges de Vicdessos, et de M. Daubuisson, sur la trompe employée à la ventilation de la galerie Becquey, dans les mines de Rancié (Ariége).

Le ventilateur à ailes courbes offrirait, si les prévisions de la science ne se trouvent pas en défaut, des avantages considérables sur les autres machines, sous le triple rapport de la simplicité, de l'économie du travail moteur et de la facilité avec laquelle on pourrait faire varier la puissance de ventilation. L'appareil proposé par M. Combes, qui en a donné le plan dans son *Traité sur l'aérage*, est destiné à aspirer. Il pourrait, suivant lui, produire le même effet que la machine à piston de l'Espérance, avec une économie de $\frac{2}{5}$ dans le travail moteur. Le même appareil, légèrement modifié, pourrait servir comme machine foulante.

Conditions générales auxquelles doivent satisfaire les machines ventilantes. — Quelle que soit du reste la machine que l'on emploie, elle doit toujours être construite de manière à satisfaire aux conditions d'un bon aérage, c'est-à-dire, à fournir constamment un volume d'air considérable, doué d'une vitesse modérée, et sous une pression peu différente de la pression atmosphérique; sa puissance doit d'ailleurs être telle que l'on puisse, à volonté, augmenter la masse d'air circulant dans les travaux.

Examen comparatif de l'aérage par refoulement ou par aspiration. — Une opinion généralement répandue veut que l'aérage des mines se fasse mieux par aspiration que par refoulement. J'ignore jusqu'à quel point cette opinion peut être fondée; les machines foulantes n'ayant été, que je sache, employées encore en grand dans aucune mine; mais il est certain que la théorie conduit à une opinion entièrement opposée. Indépendamment de l'économie de force motrice qui existe, comme l'a démontré M. Combes, en faveur des machines foulantes, et qui devrait faire préférer ces machines dans toutes les mines, des considérations d'une autre nature, et qui s'appliquent plus particulièrement aux mines à grisou, semblent prouver qu'il y a dans ces mines un avantage marqué, en faveur de l'aérage par refoulement. Cet avantage tient à la différence de pression qui existe dans un courant d'air, selon qu'il est refoulé ou aspiré.

Nous avons fait voir (pag. 47 et suiv.) que l'hydrogène protocarboné s'échappait de la houille et des roches encaissantes, avec d'autant plus de facilité que la pression du courant d'air est moindre. Comme conséquence de ce fait, nous avons dit que l'influence du grisou dans les mines doit être plus considérable quand le baromètre baisse. Il est évident, d'après cela, que le meilleur système d'aérage doit être celui qui, donnant de l'air plus comprimé, permet d'ailleurs de maintenir les variations de pression dans les limites les plus resserrées; celui surtout qui permet d'augmenter la pression de l'air, en même temps que la vitesse du courant. Or, l'aérage par refoulement satisfait seul à ces conditions, comme il est facile de le prouver.

Considérons en effet une section quelconque de la voie d'aérage, et représentons par P la pression qu'éprouverait, dans l'état d'équilibre, la tranche d'air située dans cette section. Pour détruire l'équilibre et faire mouvoir cette tranche, il faudra ou augmenter la pression P sur une de ses faces, ou la diminuer sur la face opposée. Représentons par p la petite force qu'il faut ajouter à P ou en retrancher, pour obtenir le mouvement; dans le premier cas, c'est-à-dire quand le mouvement aura lieu par impulsion, la tranche d'air à laquelle s'applique notre hypothèse sera soumise à une pression $P' = P + p > P$; dans le second cas, cette pression sera réduite à $P'' = P - p < P$, et le mouvement aura lieu par attraction. Il est évident d'ailleurs que la vitesse du courant d'air dépend de la différence entre les deux termes des inégalités qui expriment les conditions du mouvement; et, comme ces deux termes ont une quantité commune qui est P, la vitesse dépend uniquement de la valeur de p : elle est d'autant plus grande que p est lui-même plus grand, et réciproquement.

Si nous considérons P comme constant, et que nous supposions que l'on augmente la vitesse du courant, en augmentant p, il est évident que, dans ce cas, $P' = P + p$ augmentera, et qu'au contraire $P'' = P - p$ diminuera.

Ainsi, toutes chose égales d'ailleurs, la pression du courant d'air augmente avec sa vitesse, quand l'air est refoulé dans la mine, tandis qu'au contraire la pression de l'air diminue à mesure que sa vitesse augmente, quand l'aérage a lieu par aspiration.

Avantages de l'aérage par refoulement. — Si maintenant nous tenons compte des variations que peut éprouver P, et que nous supposions que cette quantité diminue, ce qui a lieu quand le baromètre baisse, nous voyons que l'on pourra, dans ce cas, maintenir la valeur de P′ à peu près constante, en augmentant *p*, ou la vitesse de l'air, à mesure que P diminue, tandis que la même augmentation de vitesse ne servirait qu'à rendre plus sensibles les variations décroissantes de $P'' = P - p$. On pourrait donc, en refoulant l'air dans la mine, obtenir dans le courant une pression à peu près constante, et, en augmentant à la fois la vitesse, le volume et la pression de l'air, combattre ces éruptions de gaz inflammable qui accompagnent l'abaissement du mercure dans le baromètre, et sont la cause la plus fréquente des explosions. Le système d'aérage par aspiration, généralement employé, a au contraire l'inconvénient de diminuer la pression du courant ventilateur, quand on augmente sa vitesse, et de faciliter ainsi le dégagement de l'hydrogène protocarboné.

D'après ces considérations, les machines foulantes devraient être, si je ne me trompe, préférées aux foyers d'aérage et aux machines aspirantes pour déterminer la circulation de l'air, surtout dans les mines sujettes aux explosions de gaz.

Il peut être cependant quelquefois utile de faire circuler dans certaines parties des travaux de l'air raréfié, lorsque l'on veut faciliter dans ces parties l'écoulement du gaz. Ainsi, par exemple, lorsque l'on emploie le mode d'assainissement proposé par M. Ryan, il y a avantage à faire circuler dans le conduit des gaz un courant moins dense que dans le reste de la mine; il est évident, en effet, que plus ce courant sera rapide et d'une faible densité, mieux il remplira le but auquel il est

destiné, mieux il exprimera, en l'aspirant au moyen des petits soupiraux percés à cet effet, le gaz contenu dans les cavités et les pores mêmes de la houille, dans les vieux travaux, dans les cloches des galeries, etc. Le meilleur moyen pour faire circuler, dans les conduits où l'on veut appeler les gaz, un air plus raréfié que dans les autres galeries, consiste à n'y laisser pénétrer l'air que par des orifices étroits, et à déterminer la circulation dans ces conduits par une forte aspiration. Ainsi s'explique ce que nous avons dit (page 67), sur les conditions à remplir pour obtenir, des conduits de gaz, les meilleurs effets possibles.

CHAPITRE II.

MESURES PROPRES A PRÉVENIR L'INFLAMMATION DU GRISOU DANS LES MINES DE HOUILLE.

Malgré les précautions que nous avons indiquées, il est quelquefois impossible d'empêcher la formation d'un mélange détonant. Ainsi, la rencontre imprévue d'un soufflard, d'une de ces cavités que nous avons désignées sous le nom de *bags of foulness*, ou de vieux travaux remplis de gaz comprimés, un éboulement, un abaissement subit du mercure dans le baromètre, un dérangement de la machine destinée à la ventilation, etc., sont autant de causes qui peuvent amener dans la mine une affluence considérable d'hydrogène protocarboné et rendre l'air explosif. Quoique ces circonstances doivent se présenter fort rarement dans une mine dont la ventilation et les travaux sont dirigés avec habileté et prudence, on doit cependant prévoir le cas où elles se présenteraient, et prendre toutes les mesures nécessaires pour prévenir les accidents qui en seraient le résultat. Il faut donc qu'un mélange explosif, dans le cas où il se formerait dans la mine, ne trouve sur son passage aucun corps capable de l'enflammer; il faut qu'il ne puisse s'allumer ni aux lampes

des mineurs, ni aux foyers d'aérage (1); de là la nécessité d'adopter, dans les mines à grisou, des dispositions particulières soit pour les foyers, soit pour les appareils d'éclairage. Nous allons examiner ces dispositions.

§ Ier. — FOYERS D'AÉRAGE.

Dispositions des foyers d'aérage dans les houillères sujettes au feu grisou. — Dans les mines exemptes d'hydrogène carboné, le foyer est souvent établi dans une galerie aboutissant au puits de sortie, et dans laquelle passe, en totalité ou en partie, l'air qui a circulé dans les travaux; une semblable disposition du foyer serait évidemment trop dangereuse dans les mines sujettes au gaz inflammable; car, si par une des causes que nous avons signalées, le courant sortant devenait explosif, il s'enflammerait en passant sur le foyer, et de là l'explosion pourrait se propager dans la mine. Il faut donc alimenter la combustion du foyer par un courant d'air pur venant directement de l'extérieur, ou par un courant qui n'ait parcouru que des galeries saines; ou enfin, si l'on veut employer à cet effet l'air qui a parcouru les travaux, il faut prendre des mesures convenables pour éviter que, dans le cas où cet air viendrait à s'enflammer sur le foyer, l'explosion ne puisse refluer dans la mine.

Foyers alimentés par le courant d'air vicié sortant de la mine. — Dans le cours de ses nombreuses expériences sur les propriétés du gaz inflammable et sur la nature de sa flamme, Sir Humphry Davy a reconnu que les explosions de ce gaz ne pouvaient se propager à travers des tubes de métal longs et étroits, ni à travers une toile métallique à mailles serrées. L'on a donc pensé que l'on pourrait employer, sans danger, à l'alimentation

(1) Il est inutile sans doute d'ajouter que l'on ne doit tolérer dans la mine d'autre feu que celui des lampes et des foyers; qu'il doit être sévèrement défendu aux ouvriers de fumer; que l'on doit enfin éviter l'emploi de la poudre pour l'abatage.



du foyer le courant d'air qui sort de la mine, quelque chargé qu'il pût être de gaz inflammable, si l'on prenait la précaution de placer en avant du fourneau d'appel un ou plusieurs diaphragmes en toile métallique, ou si l'on faisait arriver le courant sur le foyer à travers des tuyaux de fonte longs et étroits. J'ignore si ce moyen d'alimenter les foyers a été essayé en grand, et si les résultats de l'expérience ont été conformes aux prévisions théoriques. Quoi qu'il en soit, je préfèrerais, comme plus simple et plus sûre, une des dispositions qui me restent à décrire : ces dispositions ont pour but d'alimenter la combustion au moyen d'un courant qui ne puisse jamais devenir explosif.

Foyers alimentés par un courant d'air venant de l'extérieur. — *Foyers d'Anzin.* — Dans les houillères des environs de Valenciennes (département du Nord), l'air qui passe sur le foyer n'a point circulé dans les travaux, mais il vient le plus souvent du jour et arrive par les *beurtias* ou petits puits des échelles, percés à côté de la bure principale ou bure d'extraction. La chambre qui contient le fourneau d'appel est en communication, d'une part, avec les beurtias, de l'autre, avec le puits principal, qui sert à la fois à l'extraction de la houille et à la sortie de l'air. Une double porte, percée de petites ouvertures et placée dans la galerie qui conduit des beurtias au foyer, permet de régler la quantité d'air destiné à activer la combustion. L'air échauffé s'échappe par la cheminée qui débouche dans les puits d'extraction à 15 ou 20 mètres au-dessus du foyer, élève par son mélange la température du courant sortant de la mine et détermine ainsi le tirage. La longueur de la cheminée doit être assez grande pour que ni la flamme, ni les étincelles provenant du foyer, ne puissent arriver jusqu'au puits dans lequel monte le courant vicié : une longueur de 20 mètres est toujours suffisante quand le foyer consomme de la houille. Il est sans doute superflu d'ajouter que la galerie qui conduit des beurtias à la voie de retour, doit être soigneusement fermée par deux ou trois portes joignant bien, afin que, dans aucun cas, l'air sortant des travaux ne puisse arriver au foyer.

Si l'on n'avait pas à sa disposition, pour amener l'air extérieur au foyer, une descenderie située près du puits d'aspiration, comme dans les mines que nous venons de citer, on pourrait employer une disposition analogue : il suffirait pour cela de mettre en communication, par une petite galerie, le puits de descente de l'air avec le fourneau d'appel, situé près du puits de sortie. Un filet d'air pur, détourné du courant d'air entrant, serait conduit au foyer par cette galerie, et son volume serait réglé comme précédemment au moyen de portes percées de petites ouvertures. L'air chaud se rendrait dans le puits de sortie par une cheminée.

Foyers de Newcastle. — Dans les mines du nord de l'Angleterre, qui sont toutes ventilées par des foyers d'aérage, on emploie une méthode peu différente de celle que je viens d'exposer, quoique beaucoup moins sûre.

Le champ d'exploitation est divisé dans ces mines en plusieurs compartiments ou *quartiers*, séparés les uns des autres par de longs piliers de houille intacts. Chacun de ces compartiments est aéré par un courant particulier; et, comme il s'en trouve toujours quelqu'un où l'hydrogène protocarboné est moins abondant que dans le reste de la mine, on emploie, pour alimenter le foyer, le courant sortant de ce compartiment. Les autres courants se rendent dans le puits à un niveau différent; les dispositions du foyer, des portes régulatrices et de la cheminée, sont d'ailleurs les mêmes que dans la méthode d'Anzin.

Les dispositions précédemment indiquées supposent que le foyer d'aérage est établi au bas de la fosse; telle est, en effet, la position qu'il convient le mieux de lui donner, et qu'on lui donne généralement. On voit cependant quelques mines où le foyer est situé à l'orifice de la fosse d'aérage, ou remplacé par un tocfeu suspendu à une petite profondeur dans cette même fosse.

Le tocfeu ne peut évidemment être employé sans danger, dans les mines où il y a du gaz inflammable, si ce n'est dans le cas tout à fait exceptionnel où l'on pourrait faire arriver dans

la fosse un courant d'air pur au-dessous du niveau auquel affluent les gaz sortant de la mine; l'on pourrait alors suspendre le tocfeu dans la partie inférieure de la fosse, au-dessous de l'orifice de la voie de retour.

Quant aux fourneaux d'appel extérieurs, il est naturel de leur appliquer le même principe qui a dicté les dispositions des foyers d'Anzin, et de les alimenter avec de l'air pris dans l'atmosphère, au lieu d'employer à cet effet le courant d'air vicié.

Calorifère de M. Cockerill. — Le calorifère adapté par M. Cockerill à la cheminée d'aérage de la mine de Seraing, près de Liége, offre une bonne application de ce principe. Ce calorifère consiste en un poêle de tôle de 8^{m} de hauteur, et de 1^{m},20 de diamètre, revêtu intérieurement d'une chemise en briques dans sa partie inférieure. Ce poêle est placé dans un petit bâtiment accolé à la cheminée d'aérage, et communiquant avec elle par deux ouvertures : l'une de ces ouvertures, située près du sol, sert à l'entrée de l'air vicié, qui, après avoir circulé autour du poêle, rentre dans la cheminée par l'ouverture supérieure située au plafond. Un tuyau en tôle traverse la voûte et rejette dans l'atmosphère la fumée du foyer; ce tuyau est muni d'un registre au moyen duquel on règle le tirage. Ces dispositions sont indiquées dans les figures ci-jointes, représentant la coupe verticale, l'élévation et le plan du calorifère.

L'on a souvent proposé d'échauffer l'air sortant par la cheminée d'aérage au moyen d'air chaud ou de vapeur d'eau, que l'on amènerait dans cette cheminée. Par cette méthode, l'on utiliserait moins bien la chaleur développée sur le foyer qu'à l'aide du calorifère de Seraing. J'ai dû néanmoins la citer, parce que, dans le cas où l'on aurait, près de la cheminée d'aérage une machine à haute pression, sans condensation, on pourrait employer utilement la vapeur rejetée par cette machine, en conduisant le tuyau d'échappement dans la cheminée d'appel, comme on le fait pour activer le tirage dans les bateaux à vapeur.

Construits avec les précautions usitées à Anzin, les foyers

d'aérage semblent pouvoir être employés sans danger dans les mines même les plus sujettes au grisou, pourvu qu'on ait soin de les isoler complétement des galeries d'aérage par deux ou même trois portes, joignant hermétiquement, et fermées à clef; ou mieux encore, de ne les mettre en communication qu'avec le puits d'entrée de l'air, au moyen d'une petite galerie longue et étroite. Ces précautions suffisent, en effet, pour empêcher qu'une explosion puisse avoir lieu sur le foyer même; mais, quelque solides que soient les portes destinées à isoler le foyer, il peut arriver qu'elles soient renversées par la violence d'une explosion qui aurait lieu dans les travaux, et il devient alors impossible de rallumer le foyer pour rétablir la circulation de l'air. Cet inconvénient, le plus grave de ceux que l'on a reprochés aux foyers d'aérage, doit suffire pour faire donner la préférence aux machines, toutes les fois que les circonstances locales permettent de les employer.

§ II. ÉCLAIRAGE DES MINES SUJETTES AU FEU GRISOU.

La question de l'éclairage des mines à grisou est une de celles qui a le plus exercé la sagacité des physiciens.

Ce problème se réduit à trouver le moyen d'introduire dans un mélange détonant d'air et de gaz des houillères un corps ou un appareil lumineux, sans enflammer le mélange.

Trois moyens se présentent pour satisfaire à ces conditions :

1° Employer pour l'éclairage un corps qui soit lumineux à froid, ou du moins à une température inférieure à celle qui est nécessaire pour enflammer le grisou;

2° Employer comme corps éclairant la flamme d'une lampe ou d'une bougie, en ayant soin de la soustraire à l'action du gaz par une enveloppe imperméable, mais transparente; et d'alimenter sa combustion par de l'air pur, renfermé dans un réservoir particulier;

3° Protéger la lampe par une enveloppe perméable à la lu-

mière et au gaz, mais imperméable à la flamme; ce qui permet d'alimenter sa combustion avec l'air de la mine.

A. *Éclairage à l'aide de matières phosphorescentes.* — Parmi les corps lumineux à une basse température, les matières phosphorescentes se placent au premier rang : aussi ont-elles d'abord fixé l'attention des mineurs, et l'on a donné naturellement la préférence à celles de ces matières, qui, comme le phosphore de Canton, sont d'une préparation facile et peu coûteuse. Cependant, comme ces matières ne donnent qu'une faible lumière, et qu'elles ne conservent d'ailleurs leur propriété phosphorescente que pendant un temps assez limité, l'on a dû abandonner leur emploi dès que la découverte de la la lampe de sûreté a fourni des moyens d'éclairage plus commodes.

Rouet à silex. — On dut rejeter, à la même époque, le mode d'éclairage bien plus généralement adopté, surtout dans les mines de Liége, et qui était fondé sur le même principe, c'est-à-dire sur la production de la lumière sans dégagement de chaleur suffisante pour déterminer une explosion. Ce moyen consistait à donner un mouvement rapide à un rouet d'acier, dont le frottement contre une pierre à feu suffisait pour détacher des étincelles brillantes. La lumière produite par ces étincelles suffisait pour éclairer le front des tailles; mais cette méthode avait deux inconvénients graves, à savoir qu'il fallait consacrer le travail d'un homme à la manœuvre de l'appareil, et que les parcelles étincelantes de silex échauffées et portées au rouge par le frottement, pouvaient enflammer le gaz, quoique bien moins facilement que les lampes à feu nu.

B. *Lampes imperméables à l'air et au gaz, alimentées par un réservoir d'air spécial.* — M. de Humboldt proposa, vers la fin du XVIIIme siècle, une lampe de son invention, à l'aide de laquelle on pouvait pénétrer dans les lieux remplis de gaz inflammable ou impropre à la combustion. Dans cette lampe, qui a été décrite dans le *Journal des mines* (année 1797), la flamme était isolée de l'atmosphère ambiante, et alimentée au

moyen d'une atmosphère artificielle produite autour d'elle par l'air pur que fournissait un réservoir adapté à la lampe. M. de Humboldt fit lui-même l'essai de cette lampe dans une mine fort dangereuse du pays d'Anspach ; et le résultat de cet essai fut très-favorable. Néanmoins, il est évident que cet appareil ne saurait être employé habituellement dans les mines ; car, sans parler de ce qu'il laisse à désirer sous le rapport de la sécurité, il a le défaut très-grave d'exiger, pour le réservoir d'air destiné à entretenir la combustion, une capacité fort grande et par cela même fort gênante.

La lampe de M. de Humboldt ne put donc être adoptée pour l'éclairage des mines à grisou, et les ouvriers furent, comme avant cette invention, réduits à travailler dans l'obscurité, ou à s'éclairer par le phosphore, par le rouet à silex ou par des lampes à feu nu.

C. *Lampe de sûreté de Davy.* — Tel était l'état de la question, lorsque l'illustre président de la société royale de Londres, sir Humphry Davy, entreprit sur les propriétés des gaz des houillères une série d'expériences dont l'heureux résultat fut la découverte de la lampe qui porte aujourd'hui son nom. Après quelques essais sur les matières phosphorescentes, qu'il ne tarda point à abandonner, le savant physicien dirigea ses recherches vers un autre but : ce but était de trouver, pour former l'enveloppe de sa lampe, un corps qui devait satisfaire aux conditions suivantes :

Ne pas intercepter la lumière de la lampe ;

Être perméable aux gaz, afin que l'air puisse pénétrer dans l'appareil pour activer la combustion ;

Être imperméable à la flamme, afin que, dans le cas où l'air qui remplit la lampe viendrait à s'enflammer, l'inflammation ne puisse pas se propager dans la mine.

Cette enveloppe devait d'ailleurs ne pas être trop fragile, et l'appareil complet devait être facile à transporter, simple et peu coûteux. On sait avec quel bonheur H. Davy a résolu ce problème complexe. De nombreuses expériences lui avaient

démontré que l'inflammation du gaz hydrogène protocarboné n'avait lieu que sous l'influence d'une haute température ; il pensa donc que cette inflammation n'aurait pas lieu lorsque le contact d'un corps bon conducteur pourrait déterminer le refroidissement prompt du mélange. Il reconnut en effet que la flamme du gaz des houillères ne pouvait traverser un tube métallique de 2 pouces et demi de long et de $\frac{1}{7}$ de pouce de diamètre ; il essaya alors de raccourcir les tubes, ayant soin de diminuer en même temps leur diamètre, et il fut conduit ainsi à s'assurer que des plaques minces de métal, percées de très-petits trous, ou une gaze métallique à mailles très-serrées, ne laissaient point passer la flamme : dès-lors le problème fut résolu.

Je ne reproduirai pas ici les détails si connus relatifs à la forme et à la construction des lampes de sûreté, aux perfectionnements successifs dont elles ont été l'objet, à leurs propriétés, aux soins qu'exige leur emploi. Ces divers sujets se trouvent discutés dans l'*Instruction pratique sur l'emploi des lampes de sûreté*, publiée en France en 1824. On trouve aussi des détails fort intéressants sur les lampes de Davy, sur les expériences auxquelles elles ont donné lieu, etc., soit dans l'instruction publiée par l'inventeur en 1816, soit dans les mémoires de MM. Baillet et Lefroy, insérés dans le tom. I des *Annales des mines* (pag. 187 à 222), soit dans un grand nombre d'autres ouvrages, dont la plupart n'offrent que la reproduction de ceux que je viens de citer.

Aussitôt après leur invention, les lampes de sûreté furent employées dans plusieurs mines du nord de l'Angleterre, et notamment dans celles de *Newcastle* et de *White Haven*, les plus dangereuses de la Grande-Bretagne. Bientôt après, elles furent introduites dans les houillères de la Belgique (1) et du nord

(1) En 1817, les lampes de Davy étaient déjà en usage dans les mines des environs de Mons. Ce n'est que cinq ou six ans plus tard qu'elles furent adoptées dans les mines de Liége et de Charleroi.

de la France ; mais ce n'est qu'au bout de plusieurs années que leur usage devint général.

Depuis l'époque de sa découverte, la lampe de sûreté a subi plusieurs modifications de détail, qui portent principalement sur le mode de fermeture adopté pour fixer la cheminée, sur l'emploi d'un réflecteur pour augmenter l'intensité de la lumière, et d'un écran pour protéger la flamme contre les courants d'air, sur la disposition et le nombre des fils de platine suspendus au-dessus de la mèche.

La lampe perfectionnée, telle qu'on l'emploie aujourd'hui, dans presque toutes les mines où l'on peut avoir à redouter des explosions, se compose :

1° Du corps de la lampe ou réservoir d'huile, traversé par un crochet à l'aide duquel on peut arranger et moucher la mèche, sans avoir besoin de détacher l'enveloppe ;

2° De la cheminée en toile métallique, garnie à sa partie supérieure d'une calotte en cuivre laminé, et protégée par une cage en fer ;

3° D'un réflecteur en cuivre ou fer étamé ou argenté ;

4° D'une spirale en fil de platine suspendue au-dessus de la mèche, et destinée soit à conserver la lumière, quand la lampe s'est éteinte, soit à faire reconnaître par son aspect et son éclat l'état de l'air (1).

Le mode de fermeture employé pour empêcher que les ouvriers ne puissent enlever la cheminée, consiste dans une vis à tête carrée, qui traverse le corps de lampe et dont la pointe

---

(1) L'emploi de la spirale de platine dans la lampe de sûreté, offre une nouvelle application fort ingénieuse de cette singulière propriété qu'a le platine, de faciliter la décomposition du gaz $H^4 C$, dans une atmosphère trop chargée de gaz. Lorsque la lampe s'est éteinte, la chaleur dégagée par cette décomposition suffit pour entretenir au rouge blanc le fil de platine déjà échauffé par la flamme de la mèche ; la spirale répand alors assez de clarté pour guider l'ouvrier, forcé de se retirer ; et, dès que celui-ci est parvenu dans un point où l'oxygène est plus abondant, la décomposition du



pénètre dans la virole en laiton à laquelle est fixée la cheminée.

Avantage de la lampe de sûreté. — « Ainsi construite, cette » lampe, dit M. Baillet, offre au mineur toute la sécurité dé- » sirable ; et elle peut servir à l'éclairer sans danger, dans » toutes les excavations souterraines où il peut avoir à crain- » dre la présence de l'hydrogène protocarboné. Elle a l'avan- » tage, quand le gaz ne se renouvelle pas et ne se mêle pas » continuellement dans l'atmosphère de la mine, de le brûler » peu à peu, et d'en réduire la quantité au-dessous de celle » qui est nécessaire pour l'explosion.

» Lorsque, au contraire, ce gaz afflue sans cesse et avec une » telle abondance qu'il ne peut être consumé assez vite, la » lampe fournit des indices certains de l'état de l'air de la mine ; » elle signale le danger qu'il pourrait y avoir à y rester, et » avertit ainsi le mineur du moment où il doit se retirer.

» Si le gaz inflammable commence à se mêler avec l'air or- » dinaire, dans les plus petites proportions, son premier effet » est d'augmenter la longueur et la grosseur de la flamme.

» Si le gaz forme le douzième du volume de l'air, le cy- » lindre se remplit d'une flamme bleue très-faible, au milieu » de laquelle on distingue la flamme de la mèche.

» Si le gaz forme le sixième ou le cinquième du volume de » l'air, la flamme de la mèche cesse d'être visible ; elle se » perd dans celle du gaz qui remplit le cylindre, et dont la » lumière est assez éclatante.

» Enfin si le gaz vient à former un tiers du volume du mé-

---

gaz devenant plus rapide, la température de la spirale s'élève au point d'enflammer la portion du mélange gazeux renfermé dans la lampe, et de rallumer ainsi la mèche. Comme les spirales de platine compliquent l'appareil, en même temps qu'elles en augmentent le prix, les lampes des mineurs en sont ordinairement dépourvues ; il serait bon cependant que celles des maîtres mineurs et des chefs d'atelier en fussent garnies, et qu'il y eût dans chaque chantier au moins une lampe avec spirale.

» mélange, la lampe s'éteint tout à fait, mais les mineurs ne
» doivent pas attendre ce moment pour se retirer.

» Nous venons de dire que, dès que l'air de la mine est de-
» venu explosif, c'est-à-dire quand il contient $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{13}$ de gaz
» hydrogène carboné, le cylindre de la lampe est rempli à
» l'instant de la flamme de ce gaz, et que la lumière de cette
» flamme augmente ensuite en intensité, à mesure que la quan-
» tité de gaz augmente. Les ouvriers doivent donc consulter
» continuellement cette indication; elle doit être leur sauve-
» garde, et leur montrer s'ils doivent enfin quitter la mine,
» jusqu'à ce qu'on ait pu y faire arriver une plus grande masse
» d'air atmosphérique. »

Il semble qu'un appareil doué de propriétés aussi éminemment utiles devait être adopté avec empressement dans toutes les houillères à grisou. Il n'en fut pourtant pas ainsi, et son adoption éprouva, dans plusieurs mines, une vive résistance de de la part des ouvriers, presque toujours ennemis des innovations, alors même qu'elles doivent être pour eux un gage de sûreté. La lampe de Davy fut connue et décrite en France aussitôt après son invention. En 1816, elle était déjà vivement recommandée par M. Baillet, et cependant ce n'est que 9 ans plus tard, en 1825, que l'on put enfin parvenir à l'introduire dans lés mines de la Loire. L'on ne peut s'empêcher de déplorer la funeste opposition qui a si longtemps empêché l'emploi de cet utile appareil, quand on songe au nombre de malheureux mineurs qui ont payé de la vie leur opiniâtreté. Pour apprécier l'heureuse influence que l'adoption de la lampe de sûreté a exercée sur le nombre d'accidents causés par l'explosion des gaz, il suffit de jeter les yeux sur le tableau suivant, emprunté à un rapport de M. Delséries, ingénieur des mines du département de la Loire.



ANNÉES.		NOMBRE d'ouvriers tués ou blessés par suite d'explosions.	ANNÉES.		NOMBRE d'ouvriers tués ou blessés par suite d'explosions.
Avant l'adoption des lampes de sûreté.	1817	18	Après l'adoption des lampes de sûreté.	1825	4
	1818	15		1826	17
	1819	7		1827	1
	1820	21		1828	1
	1821	11		1829	33
	1822	18		1830	2
	1823	19		1831	2
	1824	10			
NOMB. D'ANNÉES. 8		TOTAL. 119	NOMB. D'ANNÉES. 7		TOTAL. 60

L'inspection de ce tableau montre que le nombre total des victimes des explosions dans les mines du département de la Loire a été de 101, pendant les 7 années qui ont précédé l'adoption de la lampe de Davy, et seulement de 60, pendant les 7 années qui l'ont suivie. La moyenne annuelle correspondante à ces deux périodes est, pour la première, 14,43, et, pour la seconde, 8,57. Nous devons enfin remarquer que le chiffre minimum du nombre des victimes a été de 7, avant que l'on employât la lampe de sûreté, et que cette limite minimum a été dépassée 5 fois, dans les 7 années suivantes. Ces rapprochements, déjà si favorables à l'appareil de Davy, deviendraient bien plus favorables encore, si nous tenions compte de l'augmentation qu'a éprouvée le nombre des ouvriers, pendant les 15 années auxquelles se rapporte le tableau précédent. Ce nombre qui, en 1817, n'était que de 1825, a été porté en 1831 à 3053. Et, si nous calculons le rapport du nombre d'ouvriers tués ou blessés par les explosions, au nombre total d'ouvriers

employés, en ayant égard à cet accroissement, nous trouvons :

ANNÉES.	NOMBRE moyen D'OUVRIERS employés.	MOYENNE annuelle du nombre des VICTIMES.	RAPPORT du NOMBRE DES VICTIMES au nombre des ouvriers.
1817 à 1825 1re période.	2079	14,43	0,00693, soit 1 sur 144
1825 à 1831 2me période.	2928	8,57	0,00224, soit 1 sur 446

Ces chiffres feront apprécier mieux que tout ce que nous pourrions dire à cet égard, le service éminent que le savant professeur de l'université de Londres a rendu à l'humanité, par l'invention de sa lampe, et les titres qu'il a acquis à l'éternelle reconnaissance des mineurs.

Malheureusement l'emploi de cet ingénieux appareil n'a pas donné partout d'aussi heureux résultats; les témoignages recueillis par la commission d'enquête de la chambre des communes ont prouvé que le nombre d'accidents causés par l'explosion du gaz de la houille a été plus considérable, dans les mines du nord de l'Angleterre, pendant les années qui ont suivi l'emploi de la lampe de sûreté, que dans celles qui l'ont précédé. Mais nous ferons observer, avec M. Combes, que ce fait doit être sans doute attribué aux causes suivantes :

Après l'invention de la lampe de sûreté, l'on a repris l'exploitation de mines ou de portions de mines que l'on avait auparavant abandonnées comme trop dangereuses;

L'on a donné aux travaux un développement beaucoup plus considérable qu'on ne le faisait auparavant;

Peut-être aussi une trop grande confiance dans l'appareil

a-t-elle fait négliger les moyens d'aérage, et les soins qu'exige l'emploi de la lampe.

L'on s'était ainsi placé dans les circonstances les plus défavorables ; or il n'est que trop bien démontré (et Davy l'avait lui-même reconnu) que l'emploi des lampes de sûreté n'offre point une garantie suffisante contre les chances d'explosion, lorsque l'on néglige les moyens d'assainissement que nous avons fait connaître.

Soins qu'exige l'emploi des lampes de sûreté. — La propriété fondamentale de la lampe de Davy repose sur l'isolement de la flamme, au moyen de l'enveloppe de gaze métallique ; il faut donc prendre toutes les précautions nécessaires pour prévenir les circonstances qui pourraient altérer cette enveloppe ou neutraliser son effet.

Parmi ces circonstances, toutes bien connues des mineurs employés dans les mines à grisou, nous devons attirer particulièrement l'attention sur les suivantes :

Il est reconnu qu'un courant d'air ou de gaz rapide, dirigé sur la lampe, peut pousser la flamme au dehors et communiquer l'explosion (1). La facilité avec laquelle le passage de la flamme a lieu à travers la lanterne augmente avec la température. On doit donc éviter avec soin d'exposer la lampe à un courant, surtout lorsque, l'air de la mine étant explosif, la cheminée est remplie de flamme. On ne doit jamais y souffler dessus pour l'éteindre ; il faut enfin éviter de la laisser trop longtemps brûler dans une atmosphère explosive, de crainte que la combustion prolongée du gaz dans l'intérieur du cylindre ne finisse par altérer et trouer la toile métallique.

Cette dernière condition exige que l'on place toujours la lampe dans les parties des galeries où l'air est moins sujet à devenir explosif. Lorsque l'on étudie la répartition de l'air dans les diverses parties de la section normale d'une voie d'aérage,

---

(1) Ce fait a été vérifié et publié par Davy lui-même.

on reconnaît que le maximum de vitesse et de pureté du courant a lieu vers l'axe de la galerie : sur les côtés, au contraire, ainsi qu'au toit et au mur, le frottement de l'air ralentit sa course. Le gaz inflammable qui se dégage des parois ne peut pénétrer immédiatement le courant d'air dont la vitesse même peut être un obstacle au mélange, et il forme en quelque sorte un courant à part, qui circule le long des parois, et surtout au faîte de la voie d'aérage, stationnant dans tous les points où il peut trouver un abri contre la force entraînante du courant d'air, dans les anfractuosités des parois, dans les angles rentrants des galeries ou des tailles, derrière les bois d'étai, etc. L'air est donc généralement plus chargé de grisou dans les points que je viens d'indiquer, et l'on évitera avec soin d'y placer les lampes. On devra au contraire les mettre dans la partie du courant où l'air est plus pur, c'est-à-dire vers l'axe des galeries; ou mieux encore à une petite hauteur au-dessus du sol, car il y a toujours, dans la partie inférieure du courant, moins d'hydrogène carboné et une plus grande proportion d'acide carbonique et d'azote, gaz qui, nous l'avons déjà vu, ont la propriété de diminuer par leur mélange l'inflammabilité de l'hydrogène protocarboné.

C'est par un motif analogue que l'on doit éviter de placer les lampes près des tailles, au moment de l'abatage. Cette dernière précaution est des plus importantes, soit parce que la houille, se brisant dans sa chute, laisse dégager une plus grande quantité de grisou, soit parce qu'en tombant elle produit dans l'air une commotion qui peut chasser la flamme hors du cylindre; soit enfin parce que la poussière charbonneuse qui se répand dans l'air dans ce moment, peut pénétrer dans la lampe, en ressortir enflammée et causer une explosion.

Avant l'invention des lampes de sûreté, les ouvriers travaillant dans les mines où l'on employait des bougies ou des lampes à feu nu, n'avaient de garantie de sûreté que dans l'observation exacte des précautions que nous venons de recommander. Aussi mettait-on, dans la surveillance de la lampe et dans le

choix de son emplacement, un soin minutieux. Le nombre des lampes était réduit autant que possible; il n'y en avait souvent, à chaque taille, qu'une seule constamment surveillée par un homme chargé de ce soin. Dès que le garde feu s'apercevait, à l'aspect de la lampe, d'après les indices que nous avons fait connaître, que la proportion d'hydrogène protocarboné devenait plus grande, et qu'une explosion était imminente, il donnait le signal de la retraite; cependant comme l'affluence du gaz est quelquefois subite, il arrivait souvent que l'explosion avait lieu avant qu'aucun indice n'eût fait reconnaître la présence de danger, sans laisser aux mineurs le temps de s'y soustraire. Un pareil accident est sans doute bien moins à craindre, depuis que l'on emploie les lampes de sûreté; néanmoins, comme l'on ne saurait jamais pousser la prudence trop loin, en présence d'un si grand danger, l'on doit recommander aux mineurs d'user des mêmes précautions qu'exigeait l'emploi des lampes ordinaires.

Reproches faits à la lampe de sûreté de Davy. — L'on a fait plusieurs objections contre les lampes de sûreté; je ne reproduirai pas ces diverses objections, qui ont été discutées et combattues dans l'instruction pratique de 1824.

Nous l'avons déjà dit, l'emploi de l'appareil de Davy n'offre pas à lui seul une garantie suffisante, lorsqu'il est livré aux mains d'ouvriers négligents ou maladroits, dans des mines d'ailleurs mal aérées; mais, si cet appareil est bien construit, s'il est employé avec intelligence, son emploi bien surveillé et combiné d'ailleurs avec les divers moyens d'assainissement que nous avons indiqués, offre toute la sécurité désirable.

De tous les défauts reprochés à la lampe de sûreté, deux seulement me paraissent fondés : ces défauts consistent, en ce que :

1° Elle laisse passer la flamme sous l'influence d'un courant d'air rapide;

2° Elle éclaire moins bien que les lampes ordinaires.

L'on a essayé, par diverses modifications apportées à l'appa-

reil primitif, de faire disparaître ou de rendre moins sensible l'effet de ces deux défauts; c'est vers ce but qu'ont été dirigés presque tous les perfectionnements dont cette lampe a été l'objet. Nous allons faire connaître ceux de ces perfectionnements qui nous semblent avoir le mieux résolu le problème.

Perfectionnements dans la construction de la lampe de Davy. — I. L'expérience a prouvé que la flamme d'un mélange d'air et d'hydrogène protocarboné passe à travers le tissu métallique de l'enveloppe, lorsqu'elle est frappée directement par un courant d'air, et cela avec d'autant plus de facilité, que le courant est plus rapide, et la température du tissu plus élevée. Les conditions à remplir pour empêcher que l'inflammation ne se propage, à travers le cylindre de la lanterne, sont donc de deux sortes : elles peuvent avoir pour but ou de soustraire la lampe à l'action directe du courant d'air, ou d'empêcher que le cylindre ne s'échauffe.

Ce serait une faute grave que de placer la lampe dans un angle des galeries ou derrière les bois d'étai, pour la protéger contre le courant; on doit au contraire (nous en avons fait connaître les raisons) la placer toujours vers le milieu de la galerie, dans le point où l'air est le plus pur. Dans cette position, la lampe est moins exposée à se trouver enveloppée d'une atmosphère explosive, dont la combustion, remplissant le cylindre de flamme, l'échaufferait fortement et augmenterait sa perméabilité. Il est vrai que, là plus que partout ailleurs, l'appareil se trouve exposé à l'action d'un courant d'air rapide; mais il est facile de le soustraire à cette action, soit en le protégeant par un écran, soit en le plaçant dans une lanterne commune de corne ou de verre, soit en enveloppant le cylindre d'un tube en verre ou en cuivre plus court, soit par tout autre moyen facile à imaginer.

Dans les lampes de Davy perfectionnées, telles qu'on les emploie généralement aujourd'hui, le réflecteur destiné à concentrer la lumière fait aussi fonction d'écran. On doit donc avoir soin de placer, autant qu'il est possible, la lampe de manière que

ce réflecteur soit interposé entre elle et le courant; quelque utile que puisse être cet écran, il ne remplit cependant le but indiqué que d'une manière fort imparfaite, puisqu'il ne peut garantir la lampe contre l'agitation de l'air ou des gaz que d'un seul côté, tandis qu'une foule de circonstances peuvent refouler dans toutes les directions l'air des galeries.

Le mouvement imprimé à cet air par une porte qui s'ouvre ou se ferme brusquement, par la chute d'un bloc de houille ou de tout autre corps, par la course rapide d'un waggon, par le simple balancement qu'un ouvrier imprime à sa lampe en la portant, fait varier à chaque instant la direction dans laquelle l'air vient frapper la flamme, et peut produire des accidents qu'un simple écran ne saurait prévenir.

Sous ce rapport, un cylindre en cuivre, en corne, ou en verre, qui envelopperait la cheminée dans une partie de la hauteur, remplacerait fort avantageusement le réflecteur. Ce cylindre aurait d'ailleurs l'avantage de ralentir la combustion, et d'empêcher ainsi que l'enveloppe métallique ne s'échauffât. Il satisferait donc aux deux conditions que nous avons énoncées, et offrirait par conséquent le meilleur moyen de s'opposer au passage de la flamme à travers le tissu métallique.

Lampe de sûreté de Roberts. — Ces considérations étaient nécessaires pour nous permettre d'apprécier les avantages de la lampe que J. Roberts présenta en 1835 à la commission d'enquête de la chambre des communes. Cette lampe tire sa propriété préservatrice du même principe que celle de Davy, c'est-à-dire de l'isolement de la flamme au moyen d'une enveloppe de toile métallique imperméable à la flamme; elle en diffère cependant par un assez grand nombre de points, pour ne pas être considérée comme une simple modification de cet appareil. Nous en devons la description à M. Combes, qui, après avoir vérifié son efficacité par de nombreuses épreuves, la recommande vivement comme offrant toutes les garanties désirables, au milieu des mélanges les plus explosifs, et dans toutes les circonstances que peut présenter l'exploitation des houillères à grisou.

« Dans la lampe de Roberts, le cylindre en gaze métallique » est entouré, depuis sa base jusqu'à la moitié ou aux deux tiers » de sa hauteur, par un cylindre épais en cristal, maintenu en » place par un autre cylindre en cuivre, qui entoure la partie » supérieure de la toile métallique et se visse dans un écrou » aussi en cuivre, porté par les 3 ou 4 tiges de fil de fer qui for- » ment la cage extérieure de la lampe. Le cylindre en cristal est » pressé par le cylindre en cuivre, entre deux rondelles de drap, » dont l'une est adaptée à ce dernier cylindre, et l'autre repose » sur le réservoir de la lampe.

» L'accès latéral de l'air étant ainsi prévenu, l'air néces- » saire pour alimenter la combustion de la mèche arrive dans le » corps de la lampe par une rangée circulaire de trous percés » tout au tour de la partie supérieure du réservoir, à la hauteur » de la base du porte-mèche. Il traverse deux rondelles annulai- » res de gaze métallique très-serrée, contenues dans des mon- » tures légères en cuivre, et posées horizontalement au-dessus » de la rangée de trous.

» Après avoir traversé cette double toile, l'air ne se répand » pas encore librement dans le corps de la lampe, mais il est » dirigé tout près de la mèche qui doit alimenter la combustion, » par une pièce que l'auteur appelle le cône; sa forme est à peu » près celle d'un pavillon de cor, dont la grande base reposerait » sur le réservoir d'huile, et qui serait coupé à la hauteur du » porte-mèche, par une ouverture circulaire au centre de la- » quelle se trouve la mèche, et dont le diamètre est d'environ » $0^m,02$. Il résulte de cette disposition que la totalité de l'air » entrant dans la lampe rase la mèche de très-près; et l'expé- » rience prouve que l'air contenu dans les parties latérales de la » lampe, près de la toile métallique et entre cette toile et le cy- » lindre en cristal, est impropre à l'entretien de la combustion. »

Avantages de la lampe de Roberts. — Ainsi, dans la lampe de Roberts, la flamme de la mèche se trouve doublement protégée par le cylindre en verre et par l'enveloppe en toile métallique. Le cylindre en verre la garantit de l'agitation de l'air, et prévient ainsi

le trop grand échauffement et l'altération du cylindre métallique. Dans le cas où ce dernier viendrait à se trouer, la flamme resterait protégée par le cylindre en verre; et, si enfin celui-ci vient à se casser, l'appareil se trouve réduit à une lampe de Davy ordinaire, et offre encore le même degré du sûreté que cette lampe.

L'invention de Roberts semble donc avoir résolu définitivement le problème de l'éclairage des mines à grisou, et il serait fort à désirer que sa lampe fût adoptée dans toutes ces mines. On peut, avec son secours, travailler au milieu de l'atmosphère la plus explosive, sans craindre que l'inflammation se propage au dehors; car, en supposant que la flamme parvînt à passer à travers la toile métallique (ce qui ne peut guère avoir lieu, puisque la lampe est parfaitement abritée contre toute agitation de l'air), cette flamme ne saurait traverser la seconde enveloppe. On pourrait peut-être craindre qu'une explosion, qui aurait lieu dans l'intérieur de la lampe, ne fît sortir la flamme par les trous destinés à l'introduction de l'air; mais la double toile que la flamme devrait traverser pour suivre cette voie, doit faire disparaître toute crainte à cet égard, et les essais nombreux, faits avec des mélanges bien autrement explosifs que ceux des mines, ont démontré en effet l'impossibilité d'un pareil accident.

Objections contre la lampe de Roberts. — L'on a opposé deux objections à l'emploi de la lampe de Roberts : la première a pour objet la fragilité de l'enveloppe extérieure; elle est peu fondée, vu que le cristal est parfaitement protégé contre toute cause de fracture, et d'ailleurs, dans le cas où il serait cassé, la lampe offrirait encore le même degré de sécurité que les lampes actuellement en usage. La seconde objection a plus de force : elle est fondée sur ce que la lumière fournie par cet appareil est plus faible encore que celle que répand la lampe de Davy. C'est un défaut assez grave sans doute, mais il ne suffit pas pour faire rejeter l'emploi de cette lampe (1). Entre deux appareils d'é-

---

(1) Rien n'empêcherait d'ailleurs d'augmenter la lumière fournie par cette

clairage, dont l'un éclaire moins bien, mais offre toute garantie contre les chances d'explosion, dont l'autre éclaire mieux, mais offre moins de garantie, le choix ne saurait être douteux : le premier ne compromet que la sûreté du mineur qui l'emploie; le second compromet l'existence de tous les ouvriers employés dans une mine, et la conservation même de cette mine.

II. — L'on a fait aussi le même reproche aux lampes de Davy, et le peu de clarté qu'elles répandent a longtemps servi de prétexte aux ouvriers pour en repousser l'emploi, ou pour les dépouiller du cylindre métallique. L'on a reconnu en effet, par des expériences directes, que la lampe de Davy perd un cinquième environ de sa lumière, qui est interceptée par les fils de l'enveloppe; cette perte est bien plus considérable encore vers la fin de la journée, parce qu'un grand nombre de mailles peuvent alors se trouver obstruées par la poussière de houille qui voltige toujours dans les galeries, ou même par les vapeurs fuligineuses provenant de la combustion de l'huile. Diverses dispositions ont été imaginées pour remédier à cet inconvénient; la plus simple comme la plus avantageuse est due à M. Gossard, pharmacien à Mons : elle consiste dans l'addition d'un réflecteur parabolique, en fer ou en cuivre étamé ou argenté, qui, réunissant les rayons lumineux, projette sur les points que l'on a intérêt à éclairer plus de lumière que n'en donnerait une lampe découverte.

Avant l'application du réflecteur à la lampe de sûreté, on employait en Angleterre un autre moyen pour obtenir le même résultat. Ce moyen consistait à adapter à la lampe, extérieurement au cylindre et vers sa partie inférieure, à la hauteur de la mèche, une lentille plane convexe, destinée, comme le réflec-

---

lampe, au moyen d'un réflecteur, comme on l'a fait pour celle de Davy. Il suffirait pour cela de composer l'enveloppe extérieure de deux demi-cylindres, l'un en verre, l'autre en cuivre argenté, faisant fonction de réflecteur.

teur, à empêcher la divergence des rayons lumineux. L'emploi de ces lentilles est aujourd'hui complétement abandonné, le réflecteur ayant mérité la préférence sous le triple rapport de la solidité, du prix d'achat et de l'étendue du champ éclairé.

Néanmoins, l'emploi du réflecteur, non plus que celui des lentilles, ne saurait empêcher que la clarté fournie par les lampes de sûreté ne diminue rapidement par l'effet de la poussière de houille qui se dépose en grande abondance sur le cylindre, et en obstrue les mailles; cet inconvénient est surtout fort sensible dans les mines de houille grasse et au moment de l'abatage (1). Pour l'éviter, on a proposé, à plusieurs reprises, de remplacer l'enveloppe de toile métallique par une enveloppe en cristal.

C'est sur ce principe qu'ont été construites plusieurs lampes de sûreté, et notamment celles de M. Stéphenson et de M. Dumesnil.

Lampe de sûreté de M. Dumesnil. — Je ne parlerai ici que de l'appareil inventé par ce dernier, parce que seul il paraît susceptible d'une application utile. C'est encore au *Traité sur l'aérage des mines*, par M. Combes, que j'emprunterai les détails relatifs à cette lampe.

« La lampe présentée, en 1838, à l'académie des sciences,
» par M. Dumesnil, est établie sur un principe analogue à ce-
» lui de Roberts; toutefois l'exécution en est fort différente.

» Dans la lampe de M. Dumesnil, le réservoir d'huile est établi
» latéralement, et l'huile arrive à la mèche par un conduit placé
» au-dessous de la plate-forme circulaire sur laquelle repose
» l'appareil; la mèche est plate, en coton tressé. L'air nécessaire
» à la combustion est amené sur les deux faces par deux conduits
» inclinés, coiffés d'une gaze métallique en fil de fer ou de laiton,
» que l'on peut changer très-facilement, quand elle est usée.

» Le cylindre en toile métallique de la lampe de Davy est

(1) Dans la lampe de Roberts, l'enveloppe extérieure en verre empêche le dépôt des poussières charbonneuses sur le tissu métallique; cette lampe est donc moins sujette que celle de Davy à des variations dans la quantité de lumière émise.

» supprimé et remplacé par un cylindre en cristal recuit, très-
» épais; la plate-forme supérieure repose sur ce cylindre,
» qu'elle déborde de deux centimètres environ; le cristal est
» protégé par des tiges en fil de fer assez écartées pour ne pas
» intercepter une portion notable de la lumière.

» Au-dessus de la plate-forme supérieure s'élève une che-
» minée d'un diamètre beaucoup moindre que celui du cylin-
» dre en cristal, mais d'une hauteur à peu près égale. Cette
» cheminée est à double paroi. La paroi interne descend un peu
» dans le corps de la lampe, où elle s'évase en forme d'enton-
» noir renversé. La cheminée se termine par un orifice rétréci,
» qui n'est garni d'aucun tissu métallique. La hauteur totale
» de la lampe, y compris la cheminée, est de $0^m,40$ à $0^m,44$.

» La lampe de M. Dumesnil offre le même degré de sûreté
» que celle de Roberts, tant qu'elle est intacte; ainsi des ex-
» périences faites à Paris et à St-Étienne constatent qu'un mé-
» lange explosif beaucoup plus inflammable que celui qui se
» rencontre dans les mines, ne fait pas sortir la flamme. Il
» paraît, en outre, qu'on a essayé à St-Étienne de jeter des
» gouttes d'eau froides sur le cristal, lorsque le gaz brûlait
» fortement dans l'intérieur, et qu'il a résisté à cette épreuve.
» Enfin, cette lampe éclaire mieux qu'aucune autre, ce qui est
» aussi un point d'une haute importance.

» Cependant on ne peut placer une confiance absolue dans le
» cristal, qui est ici le seul corps intermédiaire entre la flamme
» et le mélange explosif. On ne peut se flatter qu'il résiste tou-
» jours à la chute de la lampe, au choc d'un corps dur ou même
» à un refroidissement accidentel; car un verre parfaitement
» recuit peut supporter une épreuve à laquelle ne résistera pas
» un autre verre soumis à la même préparation. »

Les trois appareils d'éclairage que nous avons décrits, c'est-à-dire la lampe de Davy, celle de Roberts et celle de M. Dumesnil, sont les seuls qui nous semblent avoir résolu d'une manière satisfaisante la question de l'éclairage des mines à grisou. Beaucoup d'autres lampes ont été proposées à diverses

époques, mais elles ont toutes des défauts plus ou moins graves, qui les ont fait rejeter, et qui doivent nous dispenser de les décrire ; il en est une cependant à laquelle nous croyons devoir consacrer quelques lignes, non qu'elle nous paraisse plus susceptible que les autres de recevoir une application utile, mais parce que sa construction est fondée sur un principe différent de ceux qui ont présidé à la construction de toutes les autres lampes de sûreté. Je veux parler de l'appareil inventé presque en même temps par le docteur Murray, en Angleterre, et par M. Chèvremont, en Belgique.

Lampe de M. Chèvremont et du docteur Murray. — Dans cet appareil, dont la combustion est alimentée par l'air de la mine, on a voulu mettre à profit la propriété qu'a l'hydrogène protocarboné de s'élever, en vertu de sa légèreté spécifique, à la partie supérieure des galeries : il était composé d'une lampe, renfermée dans un cylindre de verre, surmonté d'une cheminée conique en fer-blanc, dont l'ouverture n'avait au sommet qu'un centimètre et demi de diamètre pour laisser sortir la fumée. A la partie inférieure du cylindre était adapté un tube en cuir ou en toile gommée, maintenu constamment ouvert par une spirale intérieure en fil de fer. Ce tube avait environ un mètre de longueur, afin que son orifice descendît toujours jusque sur le sol des galeries ; ainsi l'air servant à alimenter la combustion de la lampe, contenue dans le cylindre de verre, était pris à la partie inférieure des galeries. Les défauts de cette lampe sont trop évidents pour qu'il soit nécessaire de les signaler. M. Chèvremont lui-même, qui, en 1814, avait demandé un brevet d'invention pour cet appareil, ne tarda pas à en reconnaître l'insuffisance ; aussi ne donna-t-il aucune suite à sa demande de brevet. (Voir le mémoire intitulé : *Notice sur plusieurs perfectionnements faits à la lampe de Davy*, par M. Chèvremont. *Annales des mines,* tome 8 [1823], page 220 et suiv.).

TROISIÈME PARTIE.

DISPOSITIONS QUE L'ON DOIT ADOPTER DANS LES MINES SUJETTES AU GAZ INFLAMMABLE, POUR ATTÉNUER ET RÉPARER LES EFFETS DES EXPLOSIONS.

L'emploi bien entendu et rigoureusement surveillé des appareils et des mesures de sûreté, que nous avons énumérés dans la deuxième partie de ce mémoire, semble devoir suffire pour prévenir toute chance d'explosion. Cependant une triste expérience nous prouve qu'il n'en est malheureusement pas ainsi ; la négligence d'un seul ouvrier, souvent même le plus simple accident, la chute, la rupture d'une lampe de sûreté, suffit pour neutraliser l'effet des plus sages précautions : il faut donc, dans la prévision d'un semblable accident, adopter à l'avance toutes les dispositions nécessaires pour remédier au mal que l'on ne peut empêcher.

Ces dispositions doivent avoir pour but :

1° De resserrer l'explosion dans de certaines limites ;

2° D'empêcher que le courant d'air ventilateur ne soit intercepté ou renversé ;

3° De mettre les fourneaux d'appel et les appareils ventilateurs hors de l'atteinte des explosions, afin de pouvoir rétablir de suite le courant momentanément suspendu ;

4° De fournir aux ouvriers qui ont échappé sains et saufs au

danger, un asile sûr dans la mine, ou la facilité d'en sortir;

5° De se ménager les moyens de pénétrer dans la mine immédiatement après l'explosion, pour secourir les mineurs blessés ou asphyxiés;

6° D'éteindre promptement l'incendie de la houille ou des boisages que le gaz enflammé peut avoir allumés.

Quoique la discussion des mesures propres à obtenir ces divers résultats m'entraîne hors du sujet spécial de ce mémoire, cette discussion se lie cependant, d'une manière si intime, à la question qui m'occupe, que je n'ai pas cru devoir la supprimer, me réservant de traiter ce sujet le plus succinctement qu'il me sera possible.

Je suivrai l'ordre que je viens d'indiquer tout à l'heure, et j'examinerai d'abord les précautions à prendre pour concentrer l'explosion dans une partie limitée des travaux.

§ I. — MOYENS DE CONCENTRER LES EXPLOSIONS DU GAZ DANS DES LIMITES DÉTERMINÉES.

La division du champ d'exploitation en compartiments, usitée dans les mines du comté de Durham et de Northumberland, offre sans contredit la meilleure disposition que l'on puisse adopter dans l'ensemble des travaux, pour empêcher qu'une explosion se propage dans toute la mine. Ces divers compartiments, complétement isolés quant à l'aérage, ne sont en communication que par un petit nombre de galeries nécessaires pour le service de la mine. Les doubles portes qui ferment chacune de ces galeries sont beaucoup plus résistantes que celles qui sont destinées à diriger le courant dans les diverses galeries d'un même quartier. Il résulte de là que, si une explosion a lieu dans une partie de la mine, son premier effet est de renverser les portes situées dans le compartiment où l'accident a eu lieu; mais elle ne saurait se propager dans les autres quartiers de la mine, où les ouvriers ne cessent d'être en sûreté. Il est d'ailleurs évident que l'on pourra obtenir le même résultat, quel que soit le

système d'exploitation suivi, pourvu que l'on ait soin : 1° d'isoler les diverses branches du courant ventilateur, au moyen de digues ou de portes plus résistantes que celles qui sont destinées à régler la circulation de chaque branche, ou à l'isoler des voies de retour ; 2° de fournir aux gaz produits par l'explosion une issue facile, en donnant de grandes dimensions aux galeries et puits de sortie de l'air. Cette condition est de la plus haute importance, et cependant beaucoup trop négligée (1). Si le courant produit par l'expansion des gaz ne trouve pas une issue suffisante, il est refoulé ; et sa violence se portant alors soit sur les portes qui séparent les divers courants partiels, soit sur celles qui sont destinées à isoler le foyer d'aérage des voies de retour, il peut arriver qu'une seconde explosion ait lieu sur le foyer même, ou que la mine tout entière soit envahie par les gaz irrespirables résultant de la combustion, et reste privée de tout moyen de ventilation.

La nécessité de fournir aux gaz provenant d'une explosion un débouché suffisant, et de leur faire parcourir dans la mine le trajet le plus court possible, montre combien il serait avantageux d'avoir, pour le service de chaque mine, plusieurs puits pour la sortie de l'air. La répartition uniforme des puits à la surface du sol et leur mise en communication faciliteraient extrêmement l'aérage, et rendraient presque impossibles les explosions générales.

§ II. — MOYENS D'EMPÊCHER QUE LE COURANT VENTILATEUR NE SOIT RENVERSÉ.

Il arrive souvent qu'à la suite d'une explosion, les portes ou cloisons destinées à diriger le courant d'air dans l'intérieur de

(1) Ordinairement, du moins dans les mines de la Belgique et du département du Nord, les voies du retour d'air ont de petites dimensions, et les puits de sortie du courant ont souvent une section plus petite que les puits d'entrée du courant. On agit ainsi par économie ; les voies de retour et les puits de sortie

la mine, sont brisées ou renversées, et le courant, abandonnant alors sa route habituelle, pour se porter vers le puits de sortie par le chemin le plus court, une partie des travaux reste privée d'air et devient inabordable. On remédie en partie à cet inconvénient au moyen de portes flottantes, qui, suspendues au faîte des galeries, se ferment par l'effet même des explosions, et remplacent les portes détruites. Dans quelques mines, un puits unique sert à la fois à l'entrée et à la sortie du courant d'air; il est alors divisé en deux compartiments par une cloison. Cette disposition est des plus vicieuses, et devrait être sévèrement proscrite; car, si une explosion a lieu, il est fort à craindre qu'elle ne renverse la cloison et que la circulation de l'air ne se trouve ainsi interceptée dans toute l'étendue des travaux. Ce que nous disons des puits s'applique également aux galeries, et l'on doit éviter avec le plus grand soin de faire circuler les courants d'air entrant et sortant dans deux compartiments d'une même galerie, divisée par une cloison, ou même dans deux galeries voisines qui ne seraient pas complétement isolées l'une de l'autre par des piliers de houille intacts ou par de très-fortes digues.

La rupture des portes ou des cloisons d'aérage étant produite par l'expansion des gaz qui, ne trouvant pas un débouché suffisant dans les voies ordinaires de retour, cherchent à se frayer un nouveau passage : on rendra de semblables accidents beaucoup moins fréquents en donnant, comme nous l'avons déjà recommandé, des dimensions considérables aux galeries et puits de sortie de l'air.

Toutes les dispositions propres à assurer la conservation des machines ou foyers d'aérage, en les protégeant contre les effets des explosions, sont également propres à prévenir une interruption ou un renversement du courant, ou du moins elles

---

ne servant qu'à ce but, on s'est dispensé de leur donner les mêmes dimensions qu'aux voies de roulage et aux puits d'extraction. (*Traité sur l'aérage des mines*, pag. 184.)

fournissent le moyen de rétablir promptement le courant, s'il se trouve un instant suspendu.

§ III. — DISPOSITIONS RELATIVES AUX MACHINES ET AUX FOYERS D'AÉRAGE.

Lorsque la combustion est alimentée dans les fourneaux d'appel par l'air sortant de la mine, il est presque toujours impossible, après une explosion, d'arriver jusqu'au foyer; et, dans le cas où l'on pourrait y arriver, l'on devrait plutôt chercher à éteindre le feu (1) qu'à l'activer, de crainte qu'une seconde explosion n'ait lieu sur le foyer même.

Si l'on emploie, pour activer la combustion dans le fourneau d'appel, un courant d'air pris à l'extérieur ou emprunté à un courant partiel qui n'a parcouru que des galeries parfaitement saines, il y aurait encore danger à rallumer le foyer, avant de s'être assuré que les portes qui le séparent de la galerie de retour n'ont point été endommagées; et, en supposant même qu'il en soit ainsi, l'on ne saurait avoir une sécurité complète, vu que les oscillations de l'air qui succèdent à l'explosion peuvent faire refluer le courant, à travers les portes les mieux construites, jusque sur le foyer.

Il n'y a donc que les foyers exempts de toute communication avec la voie de retour, et alimentés d'ailleurs par de l'air pur arrivant directement du dehors, qui puissent être considérés comme parfaitement sûrs. Dans des foyers ainsi disposés, on peut sans crainte activer le feu après une explosion, pour augmenter la vitesse du courant et entraîner plus rapidement au dehors les gaz qui remplissent la mine. Il sera d'ailleurs toujours facile de parvenir à la chambre du foyer en suivant la

---

(1) Presque toujours le feu s'éteint de lui-même, à la suite d'une explosion, lorsque il est alimenté par le courant sortant de la mine, qui, dans ces circonstances, se transforme en un courant de gaz irrespirables et incombustibles.

voie par laquelle arrive l'air destiné à entretenir la combustion, à moins toutefois que le sens du courant n'ait été renversé, circonstance qui est heureusement fort rare.

Quand on emploie une machine pour déterminer la circulation de l'air, il faut l'établir dans une position telle qu'elle ne se trouve point exposée à l'action directe des gaz qui font éruption hors de la mine, à la suite d'une explosion. Si la machine est placée à l'orifice même du puits de sortie de l'air, il sera fort à craindre qu'elle ne soit détruite ou mise hors de service par la première explosion un peu forte qui aura lieu dans la mine.

Un pareil accident est moins à craindre pour les machines soufflantes que pour les machines aspirantes, parce que ces dernières se trouvent placées sur le trajet naturel du courant, tandis que les premières ne sauraient être atteintes que dans le cas où le courant produit par la détonation du gaz serait refoulé en sens inverse de la direction ordinaire de l'air; or, un renversement du courant devra être fort rare, si l'on a pris toutes les mesures indiquées dans le §. II (pag. 113), c'est-à-dire, si les voies d'entrée et de sortie de l'air se trouvent parfaitement isolées, si les galeries et puits de retour ont des dimensions plus grandes que les galeries et puits d'entrée du courant, enfin, si les portes fixes ou flottantes sont bien disposées. Cependant, quelque rare qu'il puisse être, comme un pareil accident n'est pas impossible, on doit le prévoir et prendre, dans l'établissement des machines foulantes, aussi bien que dans celui des machines aspirantes, toutes les mesures propres à les préserver des explosions. Il faut, pour atteindre ce but, placer les machines, non à l'orifice même du puits d'entrée ou de sortie de l'air, mais sur un puits latéral, situé à une centaine de mètres du premier, avec lequel il communique par une galerie. Le puits principal est d'ailleurs recouvert par un plancher joignant bien, mais n'opposant que la résistance nécessaire pour ne pas céder à la différence de pression qui a lieu dans le puits et dans l'atmosphère. En cas d'explosion, ce plancher

sera enlevé par le courant, dont le plus grand effort a toujours lieu contre les obstacles directement opposés à sa marche, et la machine n'éprouvera aucun dommage. Il est évident que l'on doit avoir toujours un plancher préparé d'avance, pour remplacer le plancher enlevé par l'explosion, et que toutes les mesures doivent être prises pour que le puits soit fermé promptement, afin de pouvoir de suite rétablir la circulation de l'air dans les travaux, au moyen de la machine.

§ IV. — MOYENS PROPRES A ASSURER LE SAUVETAGE DES OUVRIERS APRÈS UNE EXPLOSION.

Il y a, dans les explosions du gaz inflammable, deux causes de mort pour les ouvriers : la première est le choc même du courant produit par la détonation, la seconde est l'asphyxie causée par les gaz irrespirables qui envahissent les travaux, en totalité ou en partie.

On ne saurait soustraire les mineurs à l'influence de la première cause, toutes les fois qu'ils se trouvent dans la sphère d'action destructive des gaz détonants; mais on peut leur fournir les moyens d'échapper à la seconde, à celle qui compte presque toujours le plus grand nombre de victimes.

La division du courant d'air en plusieurs branches, dont chacune parcourt une partie du champ d'exploitation complétement isolée des autres, offre une chance de salut non-seulement pour tous les ouvriers qui travaillent dans un compartiment de la mine autre que celui où l'explosion a lieu, mais encore pour ceux qui, occupés dans ce compartiment même, ont échappé à l'action directe de l'explosion, ou qui, légèrement blessés, ont conservé assez de force pour gagner une partie de la mine aérée par une autre branche du courant ventilateur.

Si l'explosion n'a pas été assez violente pour détruire les moyens d'aérage, si les cloisons et les portes principales destinées à diriger l'air n'ont pas été détruites, si les machines

ou les foyers d'appel n'ont pas été mis hors de service, le courant d'air, un instant refoulé par l'effet de l'explosion, ne tardera pas à reprendre sa marche habituelle, et les ouvriers pourront sans crainte rester dans les parties de la mine isolées du lieu de l'accident, et revenir même, en suivant le courant, vers leurs camarades blessés, pour les secourir. Il n'en est plus de même quand la rupture des portes ou la destruction des appareils ventilateurs ne permet pas de rétablir la circulation de l'air. Il y a alors urgence pour tous les ouvriers à sortir promptement de la mine, à moins qu'ils ne trouvent, dans les travaux, un abri sûr où ne puissent pas les atteindre les gaz mortels produits par l'explosion. Cet abri, ils ne peuvent le trouver que dans la chambre du foyer d'aérage, ou dans la galerie de service de ce foyer; et cela, dans le cas seulement où la combustion est activée (comme dans les mines d'Anzin) par un courant d'air particulier venant directement du jour. Encore faut-il que les portes destinées à isoler le foyer de la voie d'aérage n'aient pas été renversées par l'explosion.

Parvenus au foyer, les ouvriers pourront sortir facilement, si l'on a eu la précaution de ménager une descenderie dans le puits où circule l'air pur spécialement destiné à alimenter la combustion. Les dispositions adoptées dans les mines du département du Nord sont donc les meilleures que l'on puisse employer pour empêcher que les mineurs qui ont échappé à l'action immédiate d'une explosion violente, ne périssent par asphyxie. Après un semblable accident, le meilleur moyen de sauvetage que l'on puisse offrir aux ouvriers est, sans aucun doute, une ligne d'échelles placées dans un puits aéré par un courant d'air spécial, indépendant du courant qui circule dans les travaux.

Dans les mines où la sortie des ouvriers ne peut avoir lieu que dans les paniers ou bênes d'extraction, si la machine à molettes est endommagée par l'explosion, ce qui arrive assez souvent, tous les mineurs doivent infailliblement périr. Si la machine peut continuer son service, la précipitation, l'impa-

tience avec laquelle ils se jettent sur les bênes et luttent pour se disputer le seul moyen de salut qui leur est offert, devient souvent funeste à plusieurs d'entre eux, qui sont précipités dans le puisard.

§ V. — APPAREILS A L'AIDE DESQUELS ON PEUT PÉNÉTRER DANS LES MINES, APRÈS LES EXPLOSIONS.

La première chose à faire, après une explosion, est de pénétrer dans la mine pour en retirer les ouvriers qui ont été blessés ou asphyxiés. Si la circulation du courant d'air n'a pas été entièrement détruite, si les appareils ventilateurs ont pu être remis en jeu, il est facile, en suivant la direction du courant et en replaçant à mesure qu'on avance les portes renversées ou détruites, d'arriver jusqu'au point où a eu lieu l'accident; mais, si le courant d'air est complétement intercepté par suite d'éboulements ou de la destruction des portes ou cloisons d'aérage, si d'ailleurs on est privé des moyens de le rétablir promptement, on se verra dans l'affreuse nécessité d'abandonner à la mort des hommes que de prompts secours pourraient sauver encore, à moins que l'on ne possède un moyen de parvenir jusqu'à eux à travers l'atmosphère de gaz irrespirables qui remplit la mine. Plusieurs appareils propres à pénétrer dans les excavations remplies de gaz méphitiques ont été proposés à diverses époques. La construction de tous ces appareils repose sur l'un des trois principes suivants : fournir à l'homme muni de l'appareil de l'air pur :

1° En entretenant une communication libre entre les organes respiratoires de cet homme et l'atmosphère extérieure ;

2° En lui fournissant l'air nécessaire à la respiration, au moyen d'un réservoir portatif d'air atmosphérique ;

3° Entretenir la respiration avec l'air vicié de la mine, en ayant soin de le dépouiller du principe méphitique qu'il contient.

Tubes respiratoires ouverts à l'air libre. — Dans tous les ap-

pareils construits d'après le premier principe, la communication entre les organes respiratoires et l'air extérieur a lieu au moyen d'un tube flexible. Le frottement de l'air dans ces tubes rend l'aspiration difficile, quand ils ont une longueur un peu considérable ; aussi ne peuvent-ils servir que pour pénétrer dans des puits peu profonds, ou dans des galeries d'une petite étendue : l'on a proposé, il est vrai, de vaincre la résistance due au frottement de l'air au moyen de soufflets, qui, mis en mouvement par l'ouvrier même chargé de l'appareil, aspireraient l'air, et faciliteraient ainsi le jeu des poumons (1). Mais les soufflets, en compliquant l'appareil, auraient l'inconvénient de le rendre embarrassant et par conséquent peu propre à servir de moyen de sauvetage.

Réservoirs d'air portatifs à parois flexibles. — Les appareils de la seconde espèce sont destinés à fournir à l'ouvrier qui en est muni la provision d'air nécessaire soit pour sa respiration, soit pour la combustion de sa lampe, pendant le temps plus ou moins long qu'il doit passer dans l'atmosphère irrespirable.

Ces appareils se composent :

D'un réservoir contenant la provision d'air jugée nécessaire ;

D'un tube flexible muni d'une embouchure à deux soupapes, pour l'aspiration et l'expiration de l'air ;

Enfin, d'un tube destiné à mettre le réservoir d'air en communication avec la lampe qui doit éclairer le mineur : cette lampe est ou une lanterne ordinaire, ou une lampe de sûreté. Cette dernière doit être exclusivement employée dans les mines à grisou, quand on veut pénétrer dans les travaux après une explosion, parce qu'il peut arriver qu'il y ait encore de l'air inflammable.

Les réservoirs d'air portatifs peuvent être à volume variable

---

(1) Tels sont les appareils de MM. Drieberg et Brizé-Fradin ; dans ce dernier, le soufflet est porté par un aide qui se tient dans une partie de la mine où l'air est pur. L'appareil du colonel Paulin est fondé aussi sur le même principe.

et à pression constante, ou à volume constant et à pression variable.

Dans les premiers, le réservoir ou sac à air est composé d'une matière élastique et flexible, qui, cédant à la pression atmosphérique, doit s'affaisser et se replier sur elle-même, à mesure que l'air intérieur est aspiré. Ces appareils, proposés par M. Baillet, ont été décrits dans l'*Instruction pratique de* 1824, et dans le tom. X des *Annales des mines*, 1re série, où l'on trouvera tous les détails relatifs à leur construction et à leur emploi.

Chargé par M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines de France, de faire l'essai de quelques-uns de ces appareils qu'il a bien voulu mettre à ma disposition, je les ai soumis en 1838, dans les mines de Carmeaux, à une série d'expériences qui m'ont convaincu de leur insuffisance comme moyen de sauvetage, par les raisons suivantes :

L'enveloppe de cuir dans laquelle est renfermée la provision d'air n'est jamais parfaitement imperméable, malgré l'enduit de caout chouc dont elle est revêtue, d'où résulte une perte assez notable d'air ;

Cette enveloppe a d'ailleurs le défaut de se détériorer promptement ;

Les dernières portions d'air ne peuvent être aspirées qu'avec difficulté, à cause de la résistance assez grande, que l'élasticité des parois du sac à air oppose à la pression atmosphérique ;

Les grandes dimensions que l'on est obligé de donner aux sacs à air, les rendent fort embarrassants et très-peu portatifs, de sorte que (et c'est là le plus grand inconvénient de cette sorte d'appareils) il est impossible à l'ouvrier qui en est armé, de pénétrer dans les galeries ordinaires des mines ; et, en supposant qu'il puisse y parvenir, il ne lui restera ni la force ni la liberté de mouvements nécessaires pour secourir ses camarades blessés ou asphyxiés, et les transporter en lieu de sûreté ;

Enfin les sacs à air de dimensions même fort considérables, et par cela même fort incommodes, ne peuvent contenir que la provision d'air nécessaire pour un temps fort limité ; ainsi

j'ai trouvé, par des expériences directes, que le sac à air porté à dos, d'une capacité de 138 litres 50 centilitres, ne peut entretenir la respiration que pendant 11 minutes $\frac{1}{4}$, et si l'on emploie une partie de l'air du réservoir pour alimenter la combustion de la lampe, la provision contenue dans ce réservoir ne suffira plus que pendant une durée de 7 minutes $\frac{1}{2}$. Quant au grand sac contenu dans un chariot, et d'une capacité de 630 litres, il a suffi à l'entretien de la respiration pendant 52 minutes $\frac{1}{4}$, et seulement pendant 34 minutes, quand on employait une portion de l'air pour l'entretien de la lampe.

Appareils respiratoires à air comprimé. — Ces considérations ont dû me faire rejeter les réservoirs d'air portatifs en cuir, et j'ai essayé de les remplacer par des réservoirs métalliques à air comprimé. Je fis donc construire, en 1837, un appareil en cuivre, destiné à contenir de l'air, sous une pression de 16 atmosphères; ses dimensions étaient : hauteur $0^m,40$, largeur $0^m,50$, épaisseur $0^m,25$. Sa forme était celle d'un cylindre à base elliptique, terminé par deux calottes. Sa capacité était de 39 litres 29 centilitres; il pouvait donc contenir, sous une pression de 16 atmosphères, 628 litres d'air, ou à très-peu près la même quantité que le grand réservoir en cuir porté sur un chariot. Ce réservoir, fixé sur un coussinet élastique, au moyen de courroies en cuir, était attaché aux épaules, par des bretelles également en cuir, et se portait de la même manière qu'un sac de soldat, dont il n'excédait pas de beaucoup les dimensions.

Les avantages de cet appareil sur les réservoirs en cuir consistent :

1° En ce que, sous un petit volume, on peut porter une forte provision d'air;

2° Les petites dimensions du réservoir métallique et la manière dont il est porté, laissent à l'ouvrier toute liberté de mouvements, et permettent de pénétrer dans les galeries les plus étroites;

3° Des dispositions particulières, dont la description serait déplacée ici, permettent de régulariser l'écoulement de l'air,

et de le faire arriver soit dans la lampe, soit à la bouche de l'ouvrier, sous une pression constante, peu différente de la pression atmosphérique ;

4° Ces réservoirs peuvent enfin, ce qui est de la plus grande importance, rester chargés pendant un très-longtemps, sans éprouver de perte d'air sensible ; ce qui permet d'en avoir toujours de prêts à fonctionner, dans un cas pressant.

L'appareil que j'ai fait construire pour mes essais pesait, avec sa garniture, 17 kilogrammes ; on peut réduire son poids ainsi que son volume, en comprimant l'air plus fortement encore que je ne l'ai fait, et en l'enfermant dans des tubes étroits, dont les parois pourraient être d'autant plus minces que leur diamètre serait plus petit.

C'est sur ces principes que M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines a fait construire, en 1839, des réservoirs devant contenir, sous une pression de 30 atmosphères, 1020 litres d'air, ce qui est à peu près la quantité nécessaire pour suffire à la respiration d'un homme et à l'entretien d'une lampe, pendant une heure. Ces réservoirs ne sont autre chose qu'un cylindre en tôle, terminé par deux calottes hémisphériques ; ils ont $0^m,26$ de diamètre, sur $0^m,73$ de long, et une capacité de 34 litres. l'écoulement de l'air est réglé par le même appareil régulateur qui a été imaginé pour régulariser l'écoulement du gaz portatif comprimé, destiné à l'éclairage. Le tube respiratoire et le tube destiné à conduire l'air dans la lanterne peuvent être en tout semblables à ceux qui ont été décrits dans l'*Instruction pratique de* 1824. J'ai été conduit seulement à substituer à l'embouchure simple, qui terminait ces tubes, un masque couvrant à la fois le nez et la bouche, l'expérience m'ayant démontré que la respiration était ainsi bien moins gênée.

Les appareils respiratoires, modifiés comme je viens de l'indiquer, pourront enfin, nous devons l'espérer, sortir du domaine des spéculations, pour prendre rang parmi les appareils utiles et usuels.

Appareil respiratoire de Roberts. — L'on connaît depuis longtemps la propriété que possède le lait de chaux d'absorber promptement l'acide carbonique. Cette propriété a été mise à profit par J. Roberts, dans un petit appareil qu'il a inventé pour pénétrer sans danger dans les lieux où abonde l'acide carbonique. Cet appareil, qui a reçu le nom de *Robert's safety hood*, a été présenté par l'inventeur à la commission d'enquête, en même temps que sa lampe de sûreté. Il consiste en une boîte de la contenance de 2 à 3 litres, renfermant une éponge très-lâche, imbibée d'eau de chaux ou d'une faible solution alcaline. Les parois de la boîte contenant l'éponge sont percées de trous par lesquels l'air est aspiré; l'éponge est recouverte de deux plaques : la plaque inférieure placée immédiatement au-dessus de l'éponge, est criblée de petits trous, destinés à laisser passer l'air purifié; a la plaque supérieure, est adapté un tube à embouchure. La boîte est suspendue à une bandoulière passant sur l'épaule de l'ouvrier.

Cet appareil fort simple semble devoir offrir toute sécurité, toutes les fois qu'il reste encore, dans la cavité où l'on veut pénétrer, beaucoup d'air respirable, mêlé seulement à une quantité d'acide carbonique suffisante pour produire l'asphyxie; mais il serait tout à fait insuffisant dans le cas où l'acide carbonique entrerait pour une forte proportion dans le mélange irrespirable.

L'appareil respiratoire de Roberts n'a pas été, je crois, encore employé dans les mines; des essais seraient cependant nécessaires pour démontrer son utilité, car il est à craindre : 1° que la résistance que l'air éprouvera à se mouvoir à travers l'éponge imbibée, ne fatigue bientôt les poumons; 2° que les particules d'eau alcaline entraînées mécaniquement par l'air, et aspirées avec lui, ne soient nuisibles à l'ouvrier chargé de l'appareil (1).

---

(1) Il y a longtemps que Roberts a fait, à Paris, l'essai de son appareil, en l'employant pour pénétrer dans un égoût infesté de gaz méphitiques; mais cet essai est insuffisant pour justifier son emploi habituel dans les mines.

§ VI. — MOYENS D'ÉTEINDRE LES INCENDIES ALLUMÉS PAR L'EXPLOSION DES GAZ.

Dès que l'on a satisfait aux premiers devoirs que dicte l'humanité, en portant secours aux ouvriers restés dans la mine, après l'explosion, on doit chercher à s'assurer s'il n'y a pas d'incendie allumé dans aucune partie de la mine; s'il en était ainsi, il faut s'empresser de boucher hermétiquement tout accès à l'air, pour étouffer le feu.

Lorsque l'explosion n'a pas été générale, et que la circulation de l'air n'est pas complétement interceptée, on peut se contenter d'isoler par des barrages la partie de la mine incendiée, et reprendre de suite les travaux d'exploitation dans les autres parties; mais, lorsque la suspension du courant ventilateur ne permet pas de pénétrer dans la mine pour construire les barrages, on doit fermer l'orifice des puits; dans tous les cas, il faut laisser écouler un temps assez long avant d'ouvrir les barrages et de livrer de nouveau accès à l'air; car il pourrait arriver que le feu ne fût pas complétement éteint, et que l'air, ravivant la combustion, ne déterminât une explosion nouvelle. L'accident survenu dans la mine de houille de Latour (Loire), et rapporté dans les *Annales des mines* (3me série, tom. XVI, pag. 194), prouve qu'un délai de huit jours est insuffisant pour éteindre complétement un incendie souterrain, par la suppression de l'air. Le feu ayant pris à la houille de cette mine, par suite de l'inflammation de l'hydrogène protocarboné, on s'empressa de fermer hermétiquement le puits unique servant à l'exploitation, par un plancher recouvert de terre. Ce ne fut que huits jours après que la mine fut rouverte. Il n'y avait plus ni fumée ni aucun autre indice annonçant que le feu durât encore. Vingt-quatre heures après l'enlèvement du plancher, il y eut une détonation épouvantable qui fit éruption au dehors, et renversa la machine à molettes. « Il n'y a pas de doute (dit M. Combes, dans la note à laquelle nous empruntons ces détails), il n'y a pas de doute qu'il

» restait encore dans la mine, tenue fermée pendant huit jours » entiers, des corps en ignition, probablement des fragments » de houille ou de boisages, qui avaient allumé le mélange » explosif répandu dans les galeries, mélange qui avait pu se » former au moyen de l'air atmosphérique venant de l'exté- » rieur, comme tendrait à le faire croire le long intervalle » écoulé entre l'enlèvement du plancher et la détonation. »

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Si, revenant sur nos pas, nous cherchons à grouper, pour les mettre plus en relief, les principaux faits qui ressortent des discussions auxquelles nous nous sommes livré, nous trouverons qu'ils peuvent se résumer de la manière suivante.

PREMIÈRE PARTIE.

CAUSES DES EXPLOSIONS.

La *cause* première des explosions est due à la présence dans les mines du gaz *hydrogène protocarboné*, ou gaz inflammable (vulgairement *grisou*).

C'est dans les mines de houille grasse que ce gaz se trouve le plus fréquemment.

Il se dégage soit de la surface même de la houille, dans les pores et les cavités de laquelle il est renfermé sous une forte pression, soit des feuillets du schiste, soit enfin des fentes du grès.

Il est souvent inégalement distribué dans l'étendue d'une même couche, et abonde surtout dans tous les points où la houille est friable.

Toutes les circonstances qui ont pour effet de diminuer la compacité de la houille, d'augmenter l'étendue de ses surfaces libres, ou d'affaiblir la pression exercée sur ces mêmes surfaces, facilitent la sortie du gaz inflammable et amènent une augmentation temporaire dans son dégagement.

Ce dégagement doit donc augmenter, lorsque, toutes choses égales d'ailleurs, la pression diminue et que le baromètre baisse.

Le gaz doit aussi s'échapper plus facilement des surfaces de la houille nouvellement mises à nu que des surfaces déjà anciennes. Aussi le dégagement est-il beaucoup plus abondant dans les travaux en activité que dans les vieux travaux. Toutefois, comme ceux-ci renferment souvent des espaces vides dans lesquels l'air ne circule point, le gaz s'y accumule, et forme, au bout d'un certain temps, de vastes réservoirs, d'où il s'épanche abondamment dans les galeries voisines : 1° quand il est refoulé par un éboulement ; 2° quand, par l'effet des variations barométriques ou d'un ralentissement dans le courant d'air ventilateur, la pression exercée par le courant sur les parois des galeries vient à diminuer ; 3° lorsqu'une cause quelconque élève la température des gaz contenus dans ces réservoirs.

Le gaz hydrogène protocarboné se mêle, à mesure qu'il se dégage, avec l'air contenu dans les galeries, se portant néanmoins de préférence dans les parties élevées de la mine et dans celles où le courant d'air est peu actif.

CAUSES DES EXPLOSIONS.

Le mélange d'air et d'hydrogène protocarboné devient explosif dès qu'il contient de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{14}$ en volume de ce dernier gaz.

Lorsqu'un pareil mélange existe dans une mine, il détone au contact de la flamme d'une lampe ou de tout autre corps enflammé.

De là les explosions dont l'intensité varie, ainsi que les effets, suivant que la masse du mélange inflammable est plus ou moins considérable, et que la proportion de l'hydrogène protocarboné approche davantage de la fraction $\frac{1}{8}$ du volume, chiffre qui correspond au maximum d'intensité.

EFFETS DES EXPLOSIONS DANS LES MINES.

Les effets immédiats d'une explosion sont les suivants :

1° Inflammation, dilatation subite de la masse gazeuse ;

2° Refoulement violent de l'air ambiant ;

3° Production d'une masse considérable de gaz irrespirables.

La flamme qui accompagne l'explosion brûle les ouvriers, allume quelquefois les boisages ou la houille, et incendie la mine.

Le vent impétueux qui lui succède tue ou blesse les malheureux mineurs qui se trouvent sur son passage, renverse ou brise les bois d'étais, détruit les portes destinées à régulariser l'aérage, produit des éboulements qui encombrent les galeries ; quelquefois même il fait éruption au dehors, et renverse les machines destinées à l'extraction, à l'épuisement ou à l'aérage ; enfin les gaz irrespirables qui remplissent la mine, à la suite de l'explosion, asphyxient les ouvriers qui ont pu échapper à l'action immédiate de la détonation.

DEUXIÈME PARTIE.

Pour éviter les explosions dans les mines à grisou, il faudra :

1° Prévenir la formation d'un mélange explosif;

2° Éviter d'introduire dans la mine un corps dont le contact pourrait allumer un pareil mélange, dans le cas où il existerait.

CHAPITRE PREMIER.

MOYENS PROPOSÉS OU EMPLOYÉS POUR L'ASSAINISSEMENT DES MINES SUJETTES AU FEU GRISOU.

Pour prévenir la formation du mélange explosif, on peut avoir recours aux méthodes suivantes :

A. L'on peut diminuer beaucoup la quantité de gaz qui afflue dans la mine, et la soustraire à l'influence si dangereuse

des variations barométriques, en isolant, par des digues imperméables et solidement construites, les portions de mine où le gaz est le plus abondant, les vides des anciens travaux, les soufflards, etc.

B. — Décomposer le gaz H^4C *à mesure qu'il se dégage.* — On a proposé de décomposer le gaz inflammable, à mesure qu'il se dégage :

1° A l'aide du chlore gazeux ;

2° Par le chlorure de chaux ;

3° En favorisant, par l'emploi d'une éponge de platine, la réaction de l'oxygène sur l'hydrogène protocarboné ;

4° En favorisant cette même réaction par la chaleur. Cette dernière méthode a seule été employée en grand ; elle était connue sous le nom de méthode d'assainissement par le feu : elle consistait à purger la mine du gaz inflammable, en brûlant celui-ci dans les points où il avait le plus de tendance à se réunir. Les dangers de cette méthode, qui compromettait à la fois et la vie des ouvriers chargés de mettre le feu, et la conservation de la mine, l'ont fait généralement abandonner.

C. — Entraîner le gaz hors de la mine, par des voies séparées. — Le mode d'assainissement proposé par M. James Ryan, et qui consiste à entraîner directement le gaz au dehors, au fur et à mesure qu'il se dégage, par une voie séparée, est susceptible d'une application utile ; et, s'il ne peut pas isoler complétement l'hydrogène protocarboné de l'air, à cause de la propriété de diffusion commune à tous les gaz, il peut du moins servir à diminuer beaucoup la proportion du gaz inflammable dans le courant d'air qui parcourt les travaux fréquentés.

Si le gaz hydrogène protocarboné ne provenait que d'un soufflard ou d'une partie des travaux n'ayant d'autre communication avec le chantier actuel d'exploitation, qu'une galerie ou un puits à parois solides, il serait facile de recueillir le gaz et de l'amener au dehors, au moyen d'un tube en fonte, comme l'a fait M. Johnson, dans la mine de Wilmington.

Mais, quand le gaz inflammable se dégage d'un grand nombre de points, le conduit du gaz doit être une galerie communiquant, par un grand nombre de percées, avec toutes les parties de la mine d'où le gaz se dégage plus abondamment, et avec celles où il a plus de tendance à s'accumuler.

On doit faire en sorte de faire circuler dans le conduit du gaz un courant plus raréfié que dans les autres parties de la mine, afin d'aspirer plus vivement l'hydrogène carboné au moyen des soupiraux percés à cet effet.

D. — Assainissement des mines par dilution du gaz. — Le mode d'assainissement le plus ordinaire, comme le plus efficace, consiste à délayer dans une masse d'air considérable le gaz qui afflue dans les tailles ou dans les galeries. En d'autres termes, c'est dans un bon système d'aérage qu'on peut trouver le meilleur moyen d'empêcher la formation des mélanges explosifs dans les houillères à grisou.

Pour retirer du courant d'air ventilateur le meilleur effet possible, il faut que ce courant fournisse une grande quantité d'air, que cet air circule dans la mine avec une pression peu différente de celle de l'atmosphère, que la vitesse soit comprise entre certaines limites qui varient de $0^m,60$ à $1^m,20$ par seconde.

La section des galeries, les dimensions et la puissance des foyers et des machines ventilantes, doivent être calculées de manière à remplir ces trois conditions.

Dans les mines un peu étendues, dans celles surtout où il y a des vides résultant de vieux travaux, une seule voie d'aérage est insuffisante ; on doit diviser alors le courant en plusieurs branches.

Il est bon d'isoler complétement ces branches les unes des autres, afin que l'explosion qui pourrait avoir lieu dans l'une ne puisse pas se propager dans les autres. Les branches du courant qui, par leur position, sont les plus sujettes à se charger de grisou, doivent surtout être isolées avec le plus grand soin.

Le volume et la vitesse de l'air circulant dans chaque courant partiel doivent être réglés suivant la quantité de gaz que ces courants doivent délayer, et suivant la destination des galeries qu'ils parcourent.

Les voies de retour ou de sortie de l'air doivent avoir une section plus grande que les voies d'entrée : elles doivent être parfaitement isolées des foyers d'aérage et des galeries dans lesquelles on est obligé d'entretenir des lampes.

Il faut avoir soin de donner au courant d'air, tant dans la voie générale que dans ses diverses branches, une direction ascendante, de le faire circuler dans des conduits à parois unies, à section uniforme, et de lui faire suivre, autant que possible, tous les contours des tailles.

On doit augmenter la vitesse du courant ventilateur :

1° Quand la tension du gaz et par suite son dégagement augmente dans un point quelconque de la mine ; il suffit alors d'augmenter l'activité du courant dans la branche de la voie d'aérage qui passe dans le quartier infecté, ce que l'on peut faire au moyen de guichets mobiles, adaptés aux portes régulatrices ;

2° Quand la pression atmosphérique diminue ; et, dans ce cas, il faut activer le courant ventilateur dans toutes les branches, ce que l'on ne peut faire qu'en augmentant la masse d'air aspirée ou injectée par les foyers ou les machines.

Quant aux considérations qui peuvent influer sur le choix de l'appareil ventilateur, nous remarquerons :

Pour ce qui regarde les foyers :

1° Que les foyers d'aérage sont, dans les mines à grisou, une cause toujours présente de danger ;

2° A la suite d'une explosion qui renverse les portes d'aérage, le mélange explosif peut arriver sur le foyer et y causer une seconde détonation ;

3° Il est impossible d'allumer le foyer après une explosion, pour rétablir le courant interrompu, et l'on se trouve ainsi privé de son secours au moment où il serait le plus nécessaire.

Quant aux machines ventilantes :

1° Leur dépense journalière en combustible est, à la vérité, moindre que celle des foyers pour un même effet obtenu, mais leur établissement est beaucoup plus coûteux ;

2° Elles sont sujettes à des dérangements fréquents, inconvénient fort grave, dans des machines dont le jeu ne peut être suspendu sans entraîner le chômage des travaux d'exploitation ;

3° Elles exigent un puits spécialement consacré à leur service ;

4° Elles peuvent être renversées par une explosion faisant éruption au jour, et laisser la mine sans moyen de ventilation.

Ces inconvénients, inhérents aux foyers et aux machines, tels qu'on les construit généralement, pourraient presque tous être évités par des dispositions plus convenables.

CHAPITRE II.

MOYENS PROPRES A PRÉVENIR L'INFLAMMATION DU GRISOU.

Pour empêcher qu'une explosion n'ait lieu, dans le cas où toutes les précautions indiquées ne pourraient prévenir la formation d'un mélange inflammable, on prendra les mesures suivantes :

Il doit être sévèrement défendu aux ouvriers d'introduire dans la mine d'autre feu que celui qui est absolument nécessaire. On doit adopter des dispositions telles, que le gaz hydrogène protocarboné ne puisse prendre feu ni sur le foyer, ni au contact des lampes.

Dispositions relatives aux foyers d'appel. — Pour éviter que l'inflammation du gaz sur le foyer ne puisse produire une explosion, on a proposé d'employer trois moyens différents :

1° Alimenter la combustion du foyer par un courant d'air pur venant directement du jour ;

2° Alimenter la combustion par un courant qui n'ait parcouru que les parties les plus saines de la mine ;



3° Introduire dans le foyer un courant d'air vicié, en le faisant passer à travers des diaphragmes ou des tubes métalliques, afin que l'inflammation du gaz ne puisse pas se propager dans la mine.

Les foyers des environs de Valenciennes, le calorifère de M. Cockerill, offrent une application du premier principe, le seul qui offre toute la sécurité désirable; la seconde méthode est en usage dans les mines de Newcastle; quant à la troisième, je ne l'ai vue encore employée nulle part. Quelles que soient les dispositions adoptées dans la construction du foyer, il faut prendre les plus grands soins pour l'isoler parfaitement des parties de la mine où l'air peut être explosif, et surtout des voies de retour.

Appareils d'éclairage. — Lampes de sûreté. — Les appareils proposés pour l'éclairage des mines sujettes au grisou sont nombreux, mais ils peuvent tous se classer dans trois sections, correspondantes à celles que nous avons indiquées dans les foyers d'aérage. Leur construction repose en effet sur les mêmes principes; ainsi l'on a essayé successivement d'employer :

1° Des lampes complétement isolées de l'air ambiant, au moyen d'une enveloppe imperméable aux gaz, et dont la combustion serait alimentée par de l'air pur, renfermé dans un réservoir portatif. (Appareil de De Humboldt.)

2° Des lampes dont la flamme serait également isolée par une enveloppe transparente, mais dans lesquelles la combustion serait activée par l'air de la mine, en ayant soin toutefois de puiser cet air dans les parties des galeries où il est moins chargé de gaz inflammable, c'est-à-dire près du sol (les lampes du docteur Murray et de M. Chèvremont sont construites sur ce principe);

3° Dans les lampes généralement employées aujourd'hui, la combustion est entretenue par l'air de la mine; mais cet air ne peut arriver à la flamme qu'après avoir traversé un tissu métallique, qui a la propriété de laisser passer l'air et les gaz, mais d'intercepter la flamme.

C'est sur ce principe fécond en applications utiles qu'est fondée la construction de la lampe de Davy, et de la plupart de celles qui ont été inventées plus tard.

Parmi toutes les lampes de sûreté, nous devons en distinguer trois qui, seules, paraissent réunir les conditions que l'on doit exiger dans ces sortes d'appareil : ce sont,

1° La lampe de sir H. Davy, perfectionnée par M. Chèvremont;

2° La lampe de sûreté de Roberts;

3° Celle de M. Dumesnil.

La lampe de Davy a le double avantage de fournir au mineur des indications précieuses sur l'état de l'air qui circule dans la mine, en même temps qu'elle est pour lui une sauvegarde contre les explosions. L'on reproche cependant deux défauts à cette lampe : le premier est de donner peu de clarté; le second, plus grave, consiste en ce que le tissu métallique, soumis à l'influence d'un courant d'air ou de gaz, n'est pas entièrement imperméable à la flamme.

La lampe de Roberts réunit aux avantages de celle de Davy la propriété de ne laisser échapper la flamme, dans quelque circonstance qu'elle puisse se trouver placée, mais elle fournit moins de lumière encore que la lampe de Davy.

Quant à celle de M. Dumesnil, elle a, comme celle de Roberts, la propriété de contenir la flamme, sous l'influence même des courants d'air ou de gaz les plus forts; elle donne d'ailleurs, plus de lumière qu'aucune autre lampe de sûreté, mais la fragilité du cylindre en cristal, qui seul protége la flamme, ne permet pas de mettre dans cet appareil une entière confiance.

TROISIÈME PARTIE.

MOYENS A PRENDRE POUR DIMINUER LES EFFETS DES EXPLOSIONS ET POUR FACILITER LE SAUVETAGE DES OUVRIERS.

Quelque utile que puisse être l'emploi des divers systèmes d'assainissement et des appareils de sûreté que nous avons énumérés, nous avons tous les jours de nouvelles preuves de leur insuffisance. Aussi doit-on, dans l'impossibilité où l'on est de prévenir complétement les explosions, prendre des précautions pour atténuer leurs effets.

Les précautions que nous avons particulièrement recommandées ont pour but :

1° De concentrer l'explosion dans les limites le plus resserrées possibles — en isolant les diverses branches du courant d'air — en donnant aux galeries et puits de sortie du courant ventilateur des dimensions considérables;

2° D'empêcher que le courant ne soit renversé ou intercepté — en donnant aux gaz produits par l'explosion un débouché suffisant, par un ou plusieurs puits de sortie — en évitant de faire jamais revenir le courant sur lui-même, de crainte que les séparations qui existent entre les voies d'entrée et de sortie de l'air ne soient renversées par la détonation — en disposant, dans les points où elles peuvent être utiles, des portes flottantes, pour remplacer les portes détruites;

3° De mettre les fourneaux d'appel et les machines ventilantes à l'abri des explosions, en les établissant non dans la voie ou sur le puits d'aérage, mais dans une galerie ou sur un puits latéral;

4° De fournir aux ouvriers qui n'ont pas été atteints par la détonation un abri dans une partie de la mine où circule toujours un air pur, venant directement du jour; ou mieux, de leur faciliter les moyens de sortir de la mine par une ligne

d'échelles placées dans un puits spécial, aéré par un courant d'air indépendant du courant intérieur;

5° De se ménager les moyens de pénétrer dans la mine, immédiatement après une explosion, pour secourir les blessés — en suivant le sens du courant ventilateur, quand il n'a pas été intercepté ou qu'on a pu le rétablir promptement — en employant, dans le cas où l'on n'aurait pu chasser les gaz méphitiques, des appareils respiratoires que l'on doit avoir soin de tenir toujours prêts à fonctionner;

6° D'éteindre de suite les incendies que l'explosion peut avoir allumés dans la mine, en interdisant tout accès à l'air.

CONCLUSION.

L'exécution de toutes les mesures dont nous avons reconnu la nécessité suppose une grande prudence dans les ouvriers, une surveillance intelligente et continue chez les maîtres mineurs et chefs d'atelier, une sollicitude active et constante chez les directeurs et propriétaires des mines ; chez tous enfin, une vigilance incessante : vigilance de la part de l'ouvrier, qui doit sans cesse consulter sa lampe, pour ne pas se laisser surprendre par le danger ; vigilance de la part des maîtres mineurs et surveillants des mines, dans la prudence desquels les ouvriers doivent trouver une sauvegarde contre leur propre négligence et leur témérité ; vigilance surtout de la part du directeur, qui doit avoir les yeux sans cesse ouverts sur toutes les circonstances de temps et de lieux dont l'influence peut augmenter le péril ; qui doit régler la disposition des travaux, celle des machines, des foyers, des voies d'aérages, la distribution et la force du courant ventilateur, calculant toujours ses moyens de défense sur l'imminence du danger, se tenant constamment en garde contre l'invasion subite et imprévue de l'ennemi caché qui le menace, et veillant, avec une attention scrupuleuse et sévère, à l'exécution des mesures que lui suggère la prudence.

Tels sont les devoirs de ceux qui, à divers titres, prennent part à l'exploitation d'une mine sujette au grisou : devoirs impérieux, à l'observation desquels nul ne saurait se soustraire, sans assumer sur sa tête une terrible responsabilité, puisque

la moindre négligence peut compromettre la vie d'un grand nombre d'hommes et la conservation de la mine.

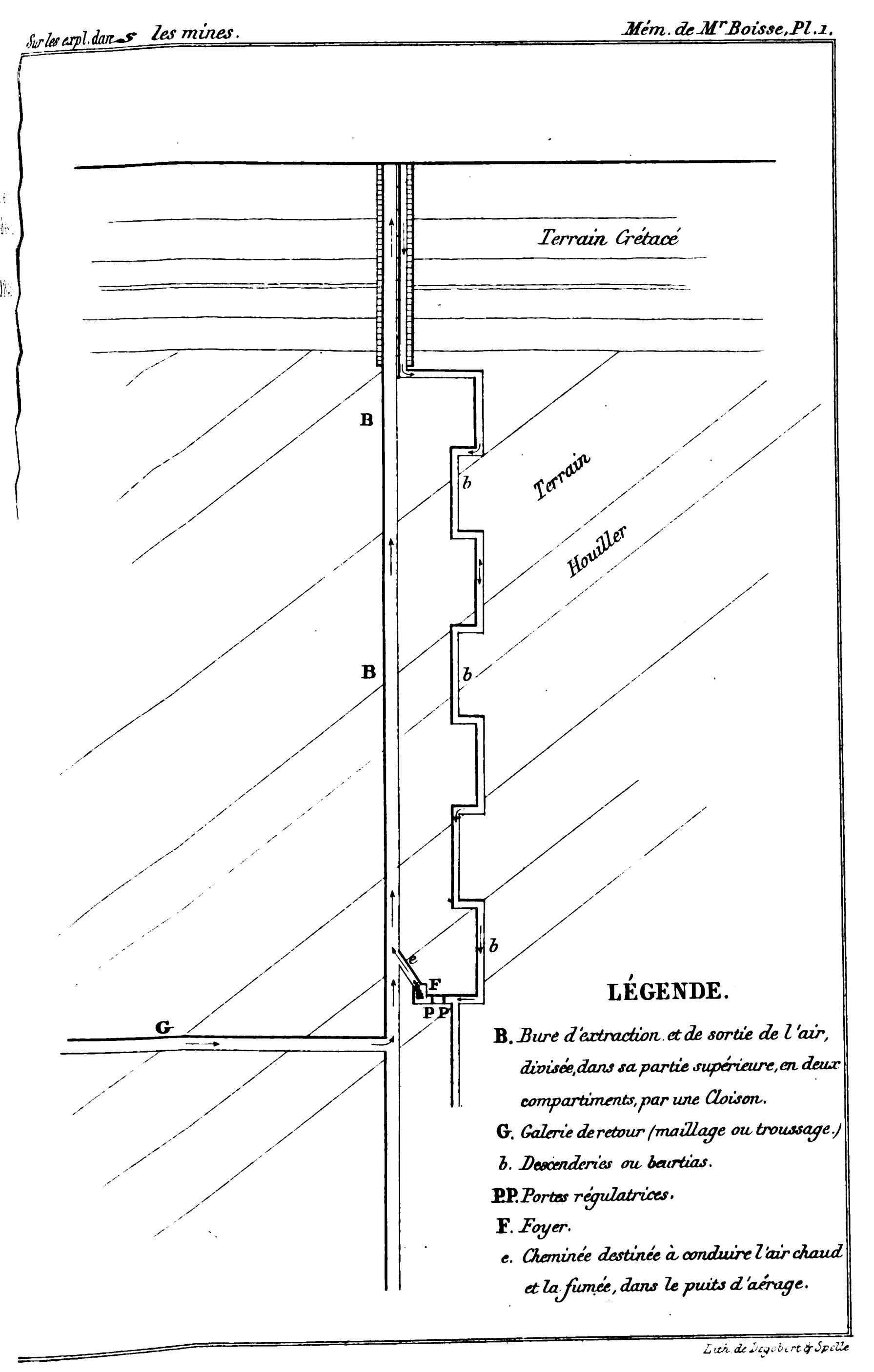
Qu'il me soit permis de porter plus haut mes regards, et de jeter un coup d'œil sur le rôle que l'administration supérieure peut jouer, sur la part qu'elle peut et doit prendre dans la solution du problème qui nous occupe. A elle appartient d'abord le soin de propager la connaissance de toutes les mesures de sûreté et des appareils préservatifs dont l'efficacité est déjà constatée; à elle le soin de provoquer, d'encourager les recherches qui ont pour but le perfectionnement de ces appareils et l'assainissement des mines. Mais elle peut contribuer, d'une manière plus directe encore, à diminuer le nombre des accidents causés par explosion, et cela en prenant des mesures sévères pour s'assurer qu'aucune précaution n'est négligée dans les mines où l'on a à craindre le gaz inflammable, en prenant une part immédiate à la direction et à la surveillance des travaux. Quelque prudents que puissent être les ouvriers employés aux mines, l'habitude du danger ne tarde pas à les rendre téméraires; leurs chefs eux-mêmes ne sont que trop souvent portés à se relâcher de cette sévérité de surveillance qui est leur premier devoir et la meilleure garantie de sûreté. Le zèle et les efforts des directeurs sont d'ailleurs souvent paralysés par l'opposition des propriétaires de mines, qui ne voient dans les mesures de précaution qu'une cause de dépenses inutiles.

Pour prévenir les inconvénients que doit nécessairement entraîner un tel état de choses, je voudrais que l'administration supérieure exigeât, de chaque directeur de mines sujettes au gaz inflammable, la présentation d'un projet dans lequel seraient indiqués avec détail toutes les mesures de prévoyance, la disposition des travaux, les moyens d'aérage, etc., qu'il se proposerait d'adopter. Ces projets, accompagnés des plans nécessaires à leur intelligence, seraient soumis à un comité spécial de direction, dont les membres seraient choisis par l'administration. Une fois contrôlé et modifié, s'il y a lieu, par le comité, tout projet deviendrait obligatoire pour les directeurs

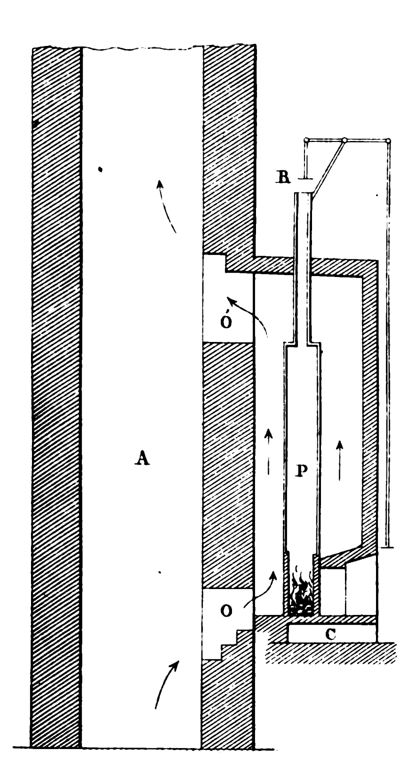
et propriétaires de mines ; les ingénieurs s'assureraient enfin, par des visites fréquentes, de l'éxécution rigoureuse des mesures prescrites.

19 janvier 1840.

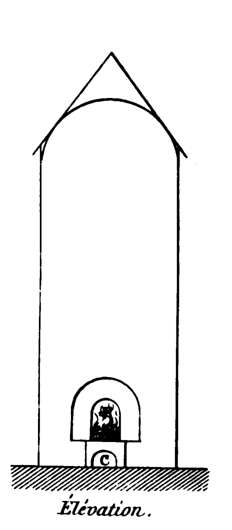
FIN.



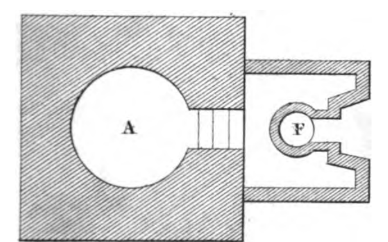
Disposition du foyer d'aérage dans les mines d'Anzin.



Coupe verticale.



Élévation.



Coupe horizontale au niveau du foyer.

A *Cheminée d'aérage.*

P *Poêle en tôle de fer.*

O.Ó *Ouvertures pour l'entrée et la sortie de l'air. dans la chambre du poêle.*

F *Foyer.*

C *Cendrier.*

R *Registre régulateur.*

Echelle de 0.m 005 pour 1 mètre.

Lith. de Degobert & Spelle

Calorifère adapter par Mr Cockerill, à la cheminée d'aérage de la mine de Seraing.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES,

PAR

J. GONOT,

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES, A MONS.

Le travail fait la richesse des nations. Attachons-nous à conserver la vie de l'ouvrier comme le plus précieux des trésors.

ORDRE DES MATIÈRES.

Je diviserai ce mémoire en trois chapitres :

Dans le premier je rappellerai d'abord les propriétés particulières des gaz que l'on rencontre le plus communément dans les mines de houille et celles de la vapeur d'eau, et ensuite les propriétés générales des fluides aériformes, sur lesquelles est basée plus spécialement la théorie de l'aérage ;

Dans le second, j'exposerai avec détail cette théorie ;

Et, dans le troisième, je l'appliquerai, d'une manière générale, aux mines de houille de la Belgique.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES.

CHAPITRE PREMIER.

PROPRIÉTÉS DES GAZ ET DES VAPEURS.

AIR ATMOSPHÉRIQUE.

L'air est essentiellement composé de 21 parties en volume d'oxygène et de 79 parties d'azote, ou en poids de 23,10 d'oxygène et de 76,90 d'azote; il contient toujours en outre de l'acide carbonique, mais en très-petite quantité, moins d'un millième, et une quantité variable de vapeur d'eau dont il n'est jamais saturé. Ces deux corps paraissent y être à l'état de mélange.

Un mètre cube d'air à 0° centigrade et sous la pression de $0^{m},76$ pèse 1,2987 kilog., soit 1,30 kilog.; sa densité est prise

pour terme de comparaison de celles des autres gaz et des vapeurs.

L'air expiré par les poumons ne contient plus que 18 d'oxygène, 3 d'acide carbonique et 79 d'azote.

Le nombre d'aspirations varie suivant les individus; on l'estime ordinairement à vingt par minute ou 28.800 par 24 heures; et en admettant que la quantité d'air aspirée et expirée chaque fois par les poumons, soit de 656 centimètres cubes (ce qui fait à peu près le $\frac{1}{7}$ de toute la quantité d'air que les poumons peuvent ordinairement contenir), on trouve que la quantité d'air inspirée est de 13.120 centimètres cubes par minute, 787 décimètres cubes $\frac{2}{10}$ par heure, et de 18.892 décimètres cubes ou 19 mètres cubes environ par jour. (*Annales des mines*, 1825, tom. X, pag. 47.)

ACIDE CARBONIQUE.

Le gaz acide carbonique est composé d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène, ou en poids, de 27,36 de carbone et de 72,64 d'oxygène.

L'acide carbonique occupe le même volume que l'oxygène qui a été absorbé par le carbone pour le constituer.

Sa densité est de 1,5245, celle de l'air étant 1.

Il éteint les corps en combustion et asphyxie promptement les animaux.

Il se forme principalement dans les mines, par la respiration des hommes, par la combustion du suif, de l'huile et de la houille.

Lorsqu'il n'est pas exposé à un courant d'air, il occupe ordinairement, en vertu de son grand poids spécifique, la partie inférieure des excavations.

Un dixième d'acide carbonique dans l'air éteint les lumières et devient nuisible aux hommes et aux animaux.

« Le gaz acide carbonique (dit M. Beudant, *Traité de minéralogie*) à l'état libre, se trouve particulièrement dans les

» cavernes des pays volcaniques, et dans quelques-unes de » celles des terrains secondaires; il existe aussi au fond des puits, » et dans l'intérieur des mines. Quelquefois il remplit entière- » ment ces cavités, mais le plus souvent, par suite de sa pe- » santeur plus grande que celle de l'air, il n'en occupe que la » partie inférieure, jusqu'à la hauteur de un pied ou deux; » aussi, les petits animaux ne peuvent-ils entrer dans ces ca- » vernes sans être asphyxiés, tandis que l'homme les parcourt » alors sans aucun risque. Cependant, il est très-prudent de » ne jamais se hasarder dans les cavités souterraines, où l'on » n'est pas entré depuis longtemps, et surtout dans les puits » de mines, sans y avoir préalablement jeté un corps enflammé, » pour savoir s'il y brûle, et par conséquent, si l'on est sûr d'y » respirer.

» Parmi les grottes les plus connues comme renfermant » toujours du gaz acide carbonique, on doit citer la grotte du » Chien, sur les bords du lac d'Agnano, près de Naples; plu- » sieurs cavernes des environs de Bolzena; la grotte de Typhon » en Cilicie, dans l'Asie mineure; la grotte d'Aubenas, dépar- » tement de l'Ardèche; l'Estouffi, cave du mont Joli près de » Clermont-Ferrant; la grotte de l'ancienne abbaye de Laach, » sur les bords du Rhin, etc., etc. Le sol de ces cavernes sem- » ble quelquefois retenir le gaz dans ses pores et au-dessous de » lui, et l'empêcher de s'échapper à la surface; en effet, il suffit, » dans quelques endroits, de remuer la terre, de creuser à » quelques pieds, pour qu'il s'en dégage par torrent. » (P. 659, tom. I.)

HYDROGÈNE PROTOCARBONÉ.

Le gaz hydrogène protocarboné ou demi-carboné, est composé d'un atome de carbone et de deux atomes d'hydrogène ou, en poids, de 75,17 de carbone et de 24,83 d'hydrogène.

Sa densité est de 0,555, celle de l'air étant 1.

Mêlé dans certaines proportions avec l'air atmosphérique, il détone fortement à l'approche d'un corps en combustion, et

donne lieu à la formation d'eau et de son propre volume d'acide carbonique. La dilatation subite des gaz et de la vapeur d'eau, produit alors un courant impétueux, d'où résultent, dans les mines, les plus grands ravages.

Lorsqu'il n'est pas délayé et emporté par un courant d'air rapide, il se loge, en vertu de sa légèreté spécifique, dans les parties hautes des excavations qui sont sans issue.

Il s'échappe spontanément en abondance de certaines couches de houille grasses, mises à découvert par les travaux d'exploitation. Il existe aussi en très-grande quantité dans d'autres espèces de houille que l'on désigne sous le nom de *flambantes*; mais il ne s'en dégage qu'à l'aide de la chaleur ou par la combustion. L'exploitation de ces dernières couches de houille n'est donc pas dangereuse quant aux explosions de grisou.

Voici les faits que M. Davy, l'inventeur de la lampe de sûreté, a observés en mettant en contact un mélange d'air et de gaz inflammable avec une bougie allumée.

GAZ DE HOUILLE.	AIR.	
1	2	Le mélange brûle sans détonation.
1	3	— —
1	4	— —
1	6	Inflammation, légère détonation.
1	7	— détonation plus forte.
1	8	— —
1	9 à 14	— détonation décroissante.
1	15	Ne s'enflamme plus, la flamme de la bougie s'élargit.
1	16 à 30	Ne s'enflamme plus, l'élargissement de la flamme de la bougie diminue graduellement.

Le mélange le plus détonant consiste en 1 de gaz et 7 à 8

d'air. La théorie chimique indique environ 10 d'air ; car ces dix volumes en représentent deux d'oxygène, qui sont précisément la quantité nécessaire pour transformer 1 volume d'hydrogène demi-carboné en eau et en acide carbonique ; mais le refroidissement occasionné par la présence de l'azote de l'air influe sans doute sur ces rapports. (Dumas, tom. I, p. 473.)

Dans le même ouvrage on lit, à la page 470, l'observation suivante, sur laquelle je reviendrai dans le cours de ce mémoire, parce qu'elle est de la plus haute importance dans l'aérage des mines à grisou.

« Comme l'hydrogène carboné est plus léger que l'air, il » faut éviter, dans les dispositions de l'aérage, toutes celles qui » auraient pour résultat de le forcer à descendre au-dessous » du point où il se dégage ; *il faut au contraire diriger l'appel* » *de manière à mettre à profit sa force ascensionnelle et le faire* » *toujours cheminer de bas en haut.* »

Un tiers de gaz hydrogène carboné, mêlé à deux tiers d'air atmosphérique, éteint la lumière des lampes, et ne pourrait être respiré longtemps sans inconvénient.

VAPEUR D'EAU.

L'eau est composée d'un atome ou volume d'oxygène et de deux atomes ou volumes d'hydrogène, ou en poids, de 88,90 d'oxygène et de 11,10 d'hydrogène.

L'eau s'évapore à toutes les températures, mais non sous toutes les pressions ; chauffée à vase ouvert, sous la pression atmosphérique jusqu'à 100° centigrades, elle entre en ébullition, c'est-à-dire qu'elle s'évapore rapidement. Sa densité, comparée à celle de l'air à 0°, est alors de 0,45346 ; ramenée, par le calcul, à 0° et sous la même pression de $0^m,76$ de mercure, elle est de 0,6235. Un mètre cube de vapeur d'eau à 0° et sous la pression barométrique de 0^m76, pesérait donc 0,80974, soit 0,81 kilog. ; mais à cette température, l'eau ne peut se vaporiser que sous une pression de $0^m,005059$ et alors, la vapeur d'eau occupe un

volume à peu près 185.000 fois plus grand que celui de l'eau qui l'a produite ; c'est-à-dire que le mètre cube de vapeur d'eau à 0°, et sous une pression de 0m.005039 de mercure, ne pèse environ que 0kgr,0054. A la température de 100°, et sous la pression de 0m,76, un mètre cube de vapeur d'eau pèse 0kgr.,5889 soit 0kgr.,59, et sa densité est 1700 fois moins grande que celle de l'eau qui l'a produite ; elle n'est alors que les $\frac{63}{100} = 0,63$ de celle de l'air porté à la même température.

La tension de la vapeur d'eau en contact avec le liquide, ne dépend que de sa température.

M. Pouillet a construit une table de ces tensions, de degré en degré, depuis —20° jusqu'à 100°. Cette table peut servir à calculer la densité de la vapeur d'eau à toutes les températures comprises entre ces deux termes. MM. Dulong et Arago ont aussi donné une table pour les températures supérieures à 100° jusqu'à 265°,89 centigrades.

L'eau absorbe beaucoup de chaleur en passant à l'état de fluide élastique, et cette chaleur redevient libre, lorsque la vapeur se condense. M. Gay-Lussac a observé que 100 grammes de vapeur d'eau à 100°. centig., et sous la pression de 0m,76, pouvaient élever, par leur condensation, 550 grammes d'eau de 0° à 100°, de manière à produire 650 grammes d'eau bouillante. MM. Desormes et Clément adoptent le même nombre ; M. Despretz le réduit à 630 ou 640.

Il résulte des expériences de MM. Clément et Desormes et de celles de M. Despretz, qu'un gramme de vapeur au maximum de force élastique, possède toujours la même quantité de chaleur latente, quelle que soit sa température ; il est donc indifférent, sous le point de vue de l'économie du combustible, de vaporiser une même quantité d'eau, sous la pression ordinaire ou dans le vide ; seulement, dans ce dernier cas, l'espace est instantanément rempli de vapeur d'une tension correspondante à la température, et dans le premier, elle reste dans le liquide jusqu'à ce qu'elle puisse vaincre la pression à laquelle elle est soumise.

En comparant les densités des éléments de l'eau, lesquelles sont pour l'hydrogène = 0,0687 et pour l'oxygène = 1,1026, l'on a :

Densité de l'hydrogène	= 0,0687
Demi-densité de l'oxygène . . .	= 0,5513
Densité de la vapeur d'eau . . .	= 0,6200

D'où l'on voit que le volume de vapeur d'eau se compose d'un demi-volume d'oxygène et d'un volume d'hydrogène.

L'air atmosphérique n'est jamais dépourvu d'humidité ; dans les temps les plus secs, il contient toujours au moins les deux dixièmes de la quantité de vapeur d'eau nécessaire pour produire la saturation.

M. Combes, dans son dernier *Mémoire sur l'aérage des mines*, a rapporté deux formules dues, l'une à Tredgold, l'autre à M. Biot, et à l'aide desquelles, connaissant la température de la vapeur d'eau, l'on peut déterminer sa pression ; cette pression étant déterminée par l'une de ces deux formules, ou prise dans les tables qui l'indiquent, l'on connaîtra la densité de la la vapeur d'eau par la formule suivante, donnée aussi par M. Combes, *Annales des mines*, année 1824, tom. IX, p. 444 :

$$d = \frac{P}{a(1+mt)}.$$

Dans cette formule d = la densité, P = la pression, a = un coefficient constant pour la même vapeur, et qui, pour l'eau, $= \frac{1}{0,81125}$, m = le coefficient constant de la dilatation des gaz et des vapeurs = 0,00375, et enfin t = la température en degrés centigrades.

D'après M. Peclet, la houille développe en brûlant, 6000 unités de chaleur, et comme dans les appareils les mieux construits, l'on n'utilise guère que les deux tiers de cette chaleur, il s'ensuit que l'on ne peut vaporiser plus de 6 kilog. d'eau = 6 × 650, = 3900 unités de chaleur, par la combustion d'un kilogramme de houille grasse, de qualité moyenne.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

L'on sait que les gaz se dilatent par la chaleur, et que cette dilatation est exprimée par la fraction 0,00375 ou $\frac{1}{267}$ du volume du gaz pris à 0° c. et pour chaque degré centigrade. Cette loi, trouvée par M. Gay-Lussac, est applicable aux vapeurs, pourvu que leur température soit telle qu'elles ne retournent pas à l'état liquide.

L'on appelle capacité d'un corps pour la chaleur, ou chaleur spécifique, la quantité de chaleur qu'exige ce corps, pris sous l'unité de poids ou de volume, pour varier de l'unité de température.

Voici, d'après MM. Laroche et Bérard, les chaleurs spécifiques des principaux gaz.

	A VOLUMES ÉGAUX.	A POIDS ÉGAUX.	En poids, l'eau étant prise pour unité = 1,0000.
Air atmosphérique . . .	1,0000	1,0000	0,2669
Hydrogène	0,9033	12,3401	3,2936
Oxygène	0,9765	0,8848	0,2361
Azote	1,0000	1,0318	0,2734
Acide carbonique. . . .	1,2588	0,8280	0,2210
Vapeur aqueuse	1,9600	3,1360	0,8470

L'on a donné le nom de *diffusion* à la propriété dont jouissent, dit-on, les gaz et les vapeurs de se mélanger indépendamment des densités et de l'affinité.

Si cette propriété de diffusion des gaz et des vapeurs de poids spécifiques différents, existe réellement, elle ne se vérifie pas du moins dans les travaux des mines ; et l'on peut citer au contraire une multitude de faits qui semblent établir que, comme

pour les liquides, elle ne serait propre qu'à certains gaz et à certaines vapeurs, et qu'elle ne serait pas commune à tous les fluides aériformes, ainsi qu'on l'avance dans les traités de physique.

Toutes les personnes qui ont fréquemment visité les travaux des mines, et tous les ouvriers savent en effet, que, dans une galerie où il y a de l'acide carbonique, l'on doit, si l'on ne veut pas qu'elle s'éteigne, porter la lumière près du plafond de cette galerie, et que, par une raison inverse, l'on doit la tenir près du sol de la galerie, si l'on a à craindre l'inflammation de l'hydrogène carboné qui est beaucoup plus léger que l'air atmosphérique.

Le gaz acide carbonique occupe toujours les tailles inférieures et les parties basses des excavations, où il reste stagnant, si l'on ne parvient pas à l'en expulser par un fort courant d'air; et l'on sait que la présence de ce gaz oppose souvent de très-grands obstacles à l'approfondissement des puits.

Ce qui prouve encore la tendance de l'acide carbonique à se répandre dans les parties basses des cavités souterraines, c'est l'expérience que l'on fait souvent en chimie, de verser ce gaz, comme de l'eau, d'un vase dans un autre, et le phénomène que présente la grotte du *Chien*, près de Pouzzole, aux environs de Naples, ainsi appelée parce qu'un homme debout y respire sans malaise, tandis qu'un chien y périt presqu'instantanément.

Voici encore un fait dont j'ai été témoin et dont je puis certifier l'exactitude : un puits, divisé en trois compartiments par deux cloisons continues en madriers, avait recoupé, à la profondeur de 130 mètres, une couche de houille maigre, de 1^{m},20 de puissance et inclinée à 15° au midi. Suivant l'inclinaison de la couche, l'on avait percé une galerie descendante, dite *vallée*, de 35 mètres environ de longueur, aboutissant à d'anciens travaux *F* remplis d'eau (voir la *figure* 1, planche 1) et qui avait reçu les tuyaux aspirateurs des pompes d'épuisement; la vallée avait aussi été divisée en deux compartiments

par une cloison en planches, et un foyer *D* était placé sur le mur de la couche, près du compartiment du centre *E* du puits, pour déterminer l'ascension de l'air par ce compartiment. Le courant d'air frais descendait par le compartiment du puits *A* et par le compartiment *B* de la galerie inclinée, remontait par le compartiment *C* de cette galerie, passait sur le foyer *D* et sortait de la mine par le compartiment *E* du puits. Malgré ces dispositions, l'on ne pouvait pas toujours pénétrer jusqu'au fond de la vallée, à cause de la présence presque continuelle de l'acide carbonique, qui éteignait promptement les lumières et aurait fait courir aux ouvriers, le danger d'asphyxie. Le courant d'air ne suffisait donc pas pour entraîner l'acide carbonique, et il le traversait sans l'entraîner avec lui hors de la mine; ce que je ne puis attribuer qu'à la différence des poids spécifiques des deux gaz.

J'ai aussi été témoin d'un autre fait, qui offre la contre-partie du précédent, et qui démontre à l'évidence, que le gaz hydrogène carboné, qui est au contraire plus léger que l'air, se réfugie dans les parties supérieures des excavations d'où il ne peut être emporté, lorsqu'on ne lui ouvre pas une issue vers le haut des tailles, que par un aérage très-actif.

Le même puits dont il vient d'être fait mention, ayant atteint, à 262 mètres de profondeur, une autre couche de houille aussi de $1^m,20$ d'épaisseur, inclinée au midi de 15°, et de charbon maigre; mais laissant dégager un peu de gaz hydrogène carboné; l'on y avait établi deux tailles *GH* et *IK* (voir la *fig.* 2, pl. 1), l'une à l'est, l'autre à l'ouest du puits.

Le courant d'air qui descendait par le compartiment *A*, suivait, dans le plan de la couche, la direction indiquée par les flèches, parcourait ainsi la galerie d'allongement *AH*, montait à la taille *HG*, revenait par la galerie d'aérage *GM*, circulait au nord du puits par la montée *ML*, la galerie horizontale *LN*, qui, dans le principe, n'avait pas d'issue par le haut, et par la descente *NO*, se rendait à la taille *IK* et sortait de la mine, par le compartiment *E* du puits où un foyer, établi à la pro-

fondeur de 130 mètres comme je l'ai dit ci-dessus, activait le tirage.

Ces travaux n'étaient que provisoires, et la taille *GH* n'avait pas plus de 10 mètres de hauteur ; cependant la petite quantité de gaz hydrogène carboné qui s'en dégageait, et qui était délayée et emportée par le courant d'air, l'abandonnait lorsqu'elle était arrivée à un niveau supérieur au front de la taille, de manière que les montées *ML* et *ON* et la galerie *LN* étaient inabordables, et que le gaz s'enflammait dans les lampes de sûreté, aussitôt que l'on tentait d'y pénétrer, bien que le courant d'air montant, et le courant d'air descendant fussent assez rapides aux points *M* et *O*, et que le mélange n'y fût pas explosif.

Ainsi, le gaz hydrogène carboné non-seulement ne se mêlait pas intimement et uniformément à l'air par lequel il était entraîné ; mais il s'en séparait aussitôt que sa légèreté spécifique pouvait exercer son influence, et il se laissait traverser par le courant plutôt que de le suivre.

Pour parer à ce grave inconvénient, j'ai été obligé de percer la galerie à travers bancs *FD* et dans le plan de la couche la galerie montante *BCD*, pour amener directement au compartiment de sortie *E* l'air qui avait circulé aux tailles, et donner au courant, depuis le fond du puits d'extraction, une direction continuellement ascensionnelle. Du moment où cette direction a été prise par les galeries *AHGMLNBCDFE* (voir le plan *fig.* 2, pl. 1, et la coupe verticale de ces galeries et de la couche, *fig.* 3, pl. 1), l'on n'a plus trouvé de trace de gaz inflammable dans les travaux.

On lit dans le *Traité de Chimie* de M. Dumas, tom. I, p. 468 :

« Les mineurs avaient remarqué aussi que les galeries en » ***cul-de-sac, dans lesquelles on n'avait pas pénétré depuis long-*** » ***temps,*** étaient plus sujettes à renfermer un mélange détonant » que celles dans lesquelles on travaillait d'une manière active. » Pour purifier l'atmosphère, ils y mettaient le feu. Un ouvrier, » couvert de vêtements mouillés, armé d'un masque, etc. »

L'instruction pratique sur l'emploi des lampes de sûreté, publiée par M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines (*Annales des mines*, année 1825, tom. 10, pag. 5), prescrit les mesures suivantes :

« Lorsque l'on craint l'affluence et l'explosion du gaz hy-
» drogène carboné, on force l'air qu'on fait venir du dehors à
» passer sur la surface même des *tailles* d'exploitation, et dans
» les coins et les angles des galeries, pour balayer continuelle-
» ment les parois, entraîner tous les jets de gaz inflammable
» qui en sortent, et toutes les bulles de ce gaz qui pourraient
» y rester adhérentes. *On a soin* SURTOUT, *de faire arriver le cou-*
» *rant au bas des tailles, de sorte qu'il les parcourt en montant*
» *plutôt qu'en descendant*, et on le conduit ensuite au dehors
» de la mine par des galeries et des puits où il n'y a aucune
» lumière. »

» Enfin, si l'on appréhende que le gaz hydrogène afflue en
» si grande proportion dans toutes les parties d'une mine, que
» l'air en soit surchargé et ne puisse servir à la respiration, on
» peut faciliter son écoulement en pratiquant au plafond des
» galeries, des évents ou des soupiraux, par où ce gaz plus
» léger s'échappe dans des canaux particuliers qui le condui-
» sent hors de la mine, et l'air atmosphérique circulant dans
» les galeries inférieures, parviendra ainsi aux ouvriers plus
» pur ou moins mêlé de mofettes. » (*Ibid.*, pag. 7.)

» On peut observer ces différents états (de l'air) dans une
» galerie de mine où afflue le gaz hydrogène, si l'on place
» d'abord la lampe sur le sol (*où il y a moins de gaz*), et si on
» l'élève ensuite graduellement *jusqu'au plafond, où le gaz*
» *plus léger se trouve ordinairement en plus grande proportion*. »
(*Ibid.*, p. 18, note 2.)

Dans les mines de Seraing, près de Liége, où la grande abondance du gaz hydrogène carboné a forcé les directeurs de prendre plus de précautions que partout ailleurs, l'on ne s'écarte pas, en général, du principe qui défend de faire descendre le courant d'air après qu'il a passé aux tailles, et qu'il se trouve

chargé de gaz hydrogène carboné, et lorsque l'on a à mettre en communication deux galeries d'allongement situées dans le plan d'une même couche, à des niveaux différents, l'on a toujours soin d'opérer cette communication en partant de la galerie supérieure et en descendant, et non de la galerie inférieure et en montant. Du reste, voulût-on même commencer une montée par le bas, le gaz qui ne tarderait pas à s'accumuler dans cette montée, opposerait presque toujours des difficultés insurmontables à l'exécution du travail; tandis qu'en commençant la galerie de communication par le haut, et en descendant, le gaz qui s'échappe est immédiatement remplacé par de l'air pur qui est plus pesant, et l'excavation se trouve, pour ainsi dire, aérée naturellement.

Il est même déjà arrivé, dans les mines de Seraing, que les deux galeries de traînage et d'aérage, montant trop brusquement, des ouvriers ont été asphyxiés, vers le haut de la taille, à l'extrémité de la galerie d'aérage où le grisou s'était rassemblé, comme dans une montée ou une excavation qui n'offrirait d'issue que par le bas.

Enfin, je vais extraire de la description d'une nouvelle méthode d'aérer les mines de houille, donnée en 1818, par James Ryan de Netherton, à qui la société d'encouragement, formée à Londres pour l'industrie, a décerné la médaille d'or et cent guinées pour cet objet, je vais extraire, dis-je, les passages qui prouvent, selon moi, d'une manière irréfragable, que dans les mines, il n'y a pas *diffusion* entre l'air atmosphérique et l'hydrogène protocarboné.

Les vues que l'auteur soumet à l'approbation de la société, forment un nouveau système d'aérage des mines de houille, fondé sur le résultat de *treize années* de méditation et *neuf d'essais rigoureux*. (*Annales des mines*, année 1823, tom. 8, pag. 439 et suivantes.)

« Maintenant, lorsque nous considérons que le gaz hydro-
» gène est beaucoup plus léger que l'air commun, et qu'il
» flotte dessus comme de l'huile sur de l'eau, il est évident

» qu'il doit s'accumuler dans les parties les plus élevées de » chaque sinuosité de sa course, précisément de la même manière que de l'air qui, s'étant logé dans la partie supérieure » (le coude) d'un tuyau de conduite courbé, rétrécit le passage » et finit par arrêter tout à fait le courant, à moins qu'il ne » soit poussé par une grande force d'impulsion. »

» L'intérieur des mines de houille donne lieu au même phé» nomène : le gaz hydrogène se place et demeure dans les par» ties élevées des chambres ou excavations, jusqu'à ce que le » courant d'air augmentant et exigeant plus d'espace, oblige » ce gaz à se mouvoir, et forme ainsi un mélange des deux flui» des, et c'est ce mélange qui est alors fort dangereux; il tra» verse tous les ouvrages et devient, à l'approche de la flamme, » une arme terrible de destruction. Il est à croire que toutes » les explosions dans la mine citée ont lieu de cette manière, » et aux niveaux supérieurs de l'exploitation. »

» Cela provient alors de ce que les mineurs ont entaillé trop » profondément la houille, de manière à donner à leur faîte » une hauteur plus grande qu'il n'est de règle; savoir 6 ou » 8 pieds, et présentant ainsi des espaces élevés où le courant » d'air ne saurait atteindre; en un mot, lorsque, dans une mine » de houille, on a fait des entailles de 36 pieds de hauteur, il » n'est plus possible de suspendre, pendant un seul jour, le » *procédé du feu*, parce que les effets des explosions subsé» quentes pourraient détruire ensuite toute la mine. »

» En creusant le conduit du gaz dans les parties élevées » d'une mine, la masse inférieure sera percée toutes les vingt » ou trente verges (20 ou 30 mètres) sur quelques pieds, afin » d'extraire le gaz des parties plus basses. Lorsqu'il se pré» sente des portions de couches poreuses ou remplies de fis» sures, le gaz peut souvent en être retiré en les perçant avec » la sonde. »

» Le gaz acide carbonique, comme plus lourd, cherche le » niveau de l'eau et les parties les plus basses de la mine. Mais » le passage principal du gaz doit être placé dans la partie la

» plus élevée des ouvrages, dans laquelle le gaz hydrogène, » l'azote et finalement l'air froid, doivent passer successive» ment. Le bon effet de ce procédé dépend surtout de la pente » et de la disposition du conduit principal. »

» Mais si le gaz inflammable est pur, sa disposition à sortir sera » en raison de sa légèreté et de sa raréfaction dans le conduit. »

» Mais si ce conduit doit être percé dans le massif de houille, » il peut être accompagné d'une taille; le gaz sera entraîné à » mesure qu'il sera produit, et aura un passage commun avec » l'air ordinaire, qui a pleine liberté de circuler dans la mine; » toutefois en se rendant au puits, il sera précédé dans le canal » par le fluide le plus léger. »

» Pour éclaircir davantage ma méthode, je présenterai la » comparaison suivante : si l'on place dans une position obli» que un livre grand et mince sur un lit de pierre ou d'argile, » et qu'on le recouvre d'un autre lit ou banc semblable et éga» lement imperméable au gaz inflammable; ce livre figurera » une couche de houille qui est divisée elle-même en feuillets » correspondants à ceux du livre. C'est précisément le cas des » couches de charbon qui sont suivies jusqu'à la surface, et » non interrompues par des failles. Dans ces mines les explo» sions ne sont point connues. »

» Lorsque la dissémination libre du gaz hydrogène dans l'at» mosphère est empêchée, il est naturel qu'il se répande dans » les travaux, à travers les fissures les plus larges qu'il peut » trouver, et qu'il se forme ainsi un courant continuel et très» sensible que les ouvriers nomment un *souffleur*. »

» Mais lorsqu'ainsi que dans ma méthode, le courant d'air, » au lieu de parcourir toute la mine, est dirigé vers les en» droits où se trouve le gaz hydrogène (et ces endroits sont » toujours situés au-dessus du courant naturel), il est évident » que le fluide, au lieu d'être disséminé dans tous les ouvrages, » est circonscrit au courant qu'on l'oblige à suivre, et prend » ainsi le chemin le plus court comme le plus convenable pour » sortir de la mine. »

» Dans une exploitation où le courant d'air atmosphérique » est ainsi, pour la plus grande portion, préservé du mélange » du gaz hydrogène, je n'ai jamais trouvé de danger à mettre » le feu à un souffleur à l'endroit où le gaz sortait de la houille, » et en y plaçant un tuyau de fer, je l'ai souvent dirigé de ma- » nière à le faire servir à l'éclairage des ouvriers. »

» Mais lorsque j'eus percé une galerie ou des trous allant du » faîte de la mine au conduit de gaz, et traversant les bancs » qui étaient en-dessus, de manière à mettre en communication » les lits de charbon avec les conduits, *la lumière des souffleurs* » s'éteignit, et ils cessèrent de donner du gaz. »

» Revenant à la comparaison indiquée plus haut, de l'air » cantonné dans un tuyau courbé destiné à conduire de l'eau, » que penserait-on d'un ingénieur qui s'efforcerait de faire » passer l'eau plus avant, en l'obligeant de surmonter l'obsta- » cle de vingt sinuosités, au lieu d'employer un tuyau droit? » C'est cependant ce que l'on fait dans le mode d'aérage actuel- » lement en usage. »

» Mais ce n'est pas le seul inconvénient qui résulte de l'an- » cien système. Lorsqu'on s'approche des vieux ouvrages aban- » donnés, dans lesquels le gaz inflammable s'est accumulé » pendant plusieurs années; si, par la négligence du directeur, » les ouvriers s'avancent sans avoir la précaution de percer » des trous de sonde à mesure que la pioche s'enfonce dans le » charbon, le gaz s'échappe et s'enflamme au contact de leurs » chandelles; alors si la mine dans laquelle ils se trouvent con- » tient un mélange qui puisse faire explosion, il en pourra » résulter des effets très-funestes. »

» Ayant établi mon conduit de gaz dans les vieux travaux, » et après l'avoir mené dans les parties supérieures de la mine, » il répandait le gaz si fortement sur les hommes qui travail- » laient à percer les communications, qu'ils étaient obligés de » travailler sans lumière. J'employai le phosphore de Canton » pour les éclairer. Les explosions qu'on était obligé de provo- » quer dans cette partie de l'exploitation, diminuèrent d'abord

» sensiblement en force ; et enfin, le gaz s'échappant par mon » simple conduit, il n'y eut plus besoin de mettre le feu. Dans » le cours de mes expériences, je plaçai dans le conduit, une » porte percée dans son milieu d'un trou que j'élargis ensuite » graduellement, jusqu'à ce qu'il pût laisser passer librement » tout le gaz rassemblé dans les ouvrages ; je trouvai ainsi que » l'hydrogène, dont la quantité suffisait pour produire des effets » si terribles, passait librement par une ouverture de deux » pouces carrés. »

L'on voit que le mémoire d'où proviennent ces extraits, a été rédigé avant l'invention de la lampe de Davy. Du reste, le système d'aérage développé par l'auteur n'est applicable qu'aux couches de houille très-épaisses (8 à 10 pieds), comme le sont la plupart de celles que l'on exploite en Angleterre ; il n'offre donc aucun intérêt pour nous, et je crois pouvoir me dispenser de m'y arrêter ici.

Il résulte à l'évidence de tous les faits que je viens de rapporter, que les gaz, du moins ceux que l'on rencontre le plus fréquemment dans les houillères, ne jouissent pas ou ne jouissent qu'à un très-faible degré, de la propriété de la diffusion, et que l'on s'exposerait à de graves accidents, si l'on ne tenait aucun compte de la tendance que montrent les gaz à se séparer les uns des autres, suivant l'ordre de leurs densités, aussitôt que cette tendance est favorisée par une disposition mal entendue des tailles et des travaux. J'ai cru devoir insister particulièrement sur ce point, parce que c'est à l'inobservation du principe qui prescrit de donner au courant d'air chargé de gaz inflammable, une marche continuellement ascensionnelle, que sont dus presque tous les coups de feu, et spécialement les désastres survenus dernièrement dans les mines de l'Espérance à Seraing, du Horloz à St-Nicolas, de Bayemont à Marchiennes-au-Pont, et de Picquery à Frameries.

Dans le mélange des gaz et des vapeurs, leurs pressions s'ajoutent sans altération, pourvu que ces gaz et ces vapeurs soient sans action les uns sur les autres. Si dans une capacité C,

par exemple, on introduit des gaz ou des vapeurs ayant les tensions respectives P, P′, P″, etc., et les volumes V, V′, V″, etc., l'élasticité, la tension ou la pression du mélange, deviendra :

$$\frac{VP + V'P' + V''P''}{C}.$$

Si le vase dans lequel on renferme le mélange, pouvait s'étendre sous une pression constante, le volume du mélange augmenterait jusqu'à ce que son élasticité fît équilibre à la pression extérieure.

Comme nous devrons souvent recourir plus tard, à la densité des principaux gaz que l'on rencontre dans les mines de houille, je réunis ci-dessous, en un tableau, les poids spécifiques et les poids d'un litre à 0° et sous la pression de 0m,76, de chacun de ces gaz.

GAZ.	POIDS SPÉCIFIQUES.	POIDS D'UN LITRE.
Air atmosphérique	1,0000	1,2991 gramme.
Oxygène	1,1036	1,4337 —
Azote	0,9691	1,2590 —
Hydrogène	0,0688	0,0894 —
Acide carbonique	1,5245	1,9741 —
Hydrogène protocarboné . .	0,555	0,7270 —

CHAPITRE II.

THÉORIE GÉNÉRALE DE L'AÉRAGE.

Dans un mémoire publié en 1839 (*Annales des mines*, 3e série, tom. 15), M. Combes a longuement développé comment l'aérage, auquel on donne le nom de *naturel*, parce qu'il n'a besoin d'être provoqué par aucun foyer ou moteur, s'établissait dans les mines : ainsi, lorsqu'il n'y a qu'une ouverture pour pénétrer dans les travaux, lorsqu'on approfondit un puits, par exemple, et lorsque l'air intérieur est plus léger que l'air atmosphérique, soit par suite de l'élévation de sa température au contact de la roche, soit à cause de la présence de gaz d'une moindre pesanteur spécifique, il se dégage spontanément de la mine, pour être remplacé par de l'air pur, et un double courant, montant et descendant, aère ainsi naturellement l'excavation souterraine. Mais, quand le puits est approfondi dans un terrain sec, et que la chute de l'eau n'aide pas à l'introduction de l'air frais, il est rare que l'acide carbonique ne reste pas au fond des travaux, et n'en défende pas l'accès. L'on est alors obligé d'établir dans le puits même, des tuyaux en bois, en zinc, en toile goudronnée, etc., ou de pratiquer dans une de ses parois, une grande rainure verticale que l'on sépare du puits par une cloison en planches ou en maçonnerie, et que l'on appelle, à Charleroy, *kerné* ou *querné*, et à Liége, *royon*, et qui sert de cheminée à l'air vicié.

Mais, sans m'arrêter à tous les phénomènes que présente, selon

les localités et les circonstances, l'aérage naturel des mines, phénomènes que l'on peut facilement s'expliquer à l'aide des principes de physique, et qui ont d'ailleurs été exposés avec détail, dans le mémoire précité de M. Combes, je passerai immédiatement au cas le plus général, à celui où il existe deux ouvertures, deux puits verticaux de 200 mètres de profondeur, par exemple (1), communiquant entre eux, par une ou plusieurs galeries longues et sinueuses, servant l'un à l'entrée et l'autre à la sortie de l'air, ayant leurs orifices situés à peu près au même niveau, et enfin exigeant des moyens artificiels d'aérage.

Dans une telle disposition des travaux, que l'on peut comparer à un immense tube d'un diamètre inégal, et dont les extrémités seraient relevées verticalement, à partir de la même profondeur, l'on conçoit que si, par un moyen quelconque, l'on parvient à diminuer dans l'une des deux branches verticales, la densité du fluide aériforme qui remplit le tube, c'est-à-dire les deux puits et la galerie ou les galeries qui les mettent en communication par le pied, l'équilibre sera rompu, l'air et les gaz intérieurs se mettront en mouvement, sortiront par le puits où leur densité aura été diminuée, et seront remplacés dans la mine, par l'air pur extérieur qui entrera par l'autre puits auquel je donnerai le nom de puits d'entrée ou de descente, pour le distinguer du précédent que j'appellerai puits de sortie ou d'aspiration de l'air.

Si l'on ramène, par le calcul, la colonne d'air entrante à la densité de la colonne sortante, et que l'on appelle alors h l'excédant de hauteur de la première colonne sur la seconde, l'on sait, qu'abstraction faite des frottements, la formule qui détermine la vitesse de sortie de l'air, en supposant, dans toute son étendue, le tube d'un diamètre au moins égal à celui de l'orifice de sortie, l'on sait, dis-je, que la formule qui détermine

(1) Profondeur moyenne à laquelle on peut estimer que sont maintenant portés les travaux d'exploitation en Belgique.

cette vitesse théorique est $V = \sqrt{2gh}$, g mesurant la vitesse que la pesanteur imprime, au bout d'une seconde, à un corps tombant dans le vide, et dont je prendrai la valeur égale à $9^m,8088$, qui convient à la latitude et à la hauteur de l'observatoire de Paris.

Que, par exemple, le fluide qui remplit les travaux, soit partout composé de la même manière; que l'on se serve de la chaleur pour dilater les gaz et, par conséquent, pour diminuer leurs poids spécifiques; que les deux puits verticaux aient leurs orifices situés au même niveau, et aient la même profondeur = 200 mètres; que le foyer soit placé au pied du puits de sortie, et communique à toute la colonne d'air sortante, une température moyenne de 30° centigrades; que la température de la colonne d'air du puits d'entrée, soit de 10°, et enfin qu'il n'y ait pas de vitesse perdue par le frottement de l'air contre les parois des puits ou des galeries; nous pourrons établir les calculs suivants :

Densité de l'air entrant, celle de l'air à 0° et $0^m,76$ de pression étant 1

$$= \frac{1}{1 + 10 \times 0,00375} = \frac{1}{1,0375}$$

densité de l'air sortant

$$= \frac{1}{1 + 30 \times 0,00375} = \frac{1}{1,1125};$$

divisant la première fraction par la seconde, pour amener l'air entrant à la densité de l'air sortant, nous avons

$$\frac{\frac{1}{1,0375}}{\frac{1}{1,1125}} = \frac{1}{1,0375} \times \frac{1,1125}{1} = \frac{1,1125}{1,0375} = 1,0723.$$

Multipliant ce nombre par 200, hauteur verticale du puits d'entrée, il vient $214^m,46$; d'où, soustrayant la hauteur du puits de sortie = 200^m, il reste $14^m,46 = h$.

Substituant cette valeur et celle de g dans la formule, nous obtenons :

$$V = \sqrt{2 \times 9,8088 \times 14^m,46} = \sqrt{283,67} = 16^m,80$$ = la vitesse, par seconde, de l'air sortant de la mine.

Si nous représentons par h la hauteur sur laquelle l'air est échauffé dans le puits de sortie, par t la température de l'air entrant dans la mine, par t' la température moyenne de l'air sortant, et par a le coefficient de dilatation des gaz et des vapeurs, les calculs précédents pourront être généralisés dans la formule suivante :

$$V = \sqrt{2gh\left(\frac{1+t'a}{1+ta} - 1\right)} = \sqrt{2gh\left[\frac{(t'-t)a}{1+ta}\right]}.$$

Le nombre $16^m,80$ que nous avons trouvé tout à l'heure est la vitesse théorique, abstraction faite des frottements ; mais il est facile de prévoir que, dans les galeries de mines dont les dimensions en longueur sont toujours très-grandes, relativement aux sections transversales, il n'est pas possible de négliger la résistance que leurs parois opposent au mouvement de l'air, et nous verrons en effet, que, dans une mine dont les travaux sont peu développés, et avec les mêmes données que ci-dessus, la vitesse réelle n'est que de $1^m,15$ par seconde, au lieu de $16^m,80$, c'est-à-dire moindre que le $\frac{1}{14}$ de la vitesse avec laquelle l'air sortirait de la mine, s'il n'éprouvait aucun obstacle à se mouvoir contre les parois des puits et des galeries.

M. Combes, dans le mémoire précité, donne une formule générale à l'aide de laquelle il croit que l'on peut calculer approximativement la vitesse d'un courant d'air dans une mine, et la dépense en un temps donné. Mais cette formule est tellement compliquée et exige des observations tellement délicates et tellement nombreuses, qu'elle ne me paraît pouvoir être d'aucune utilité en pratique. Elle a en outre, l'inconvénient de ne pas faire ressortir les principaux éléments de la résistance au

mouvement de l'air, et la manière dont ils se trouvent combinés, dans les travaux des mines.

Je doute d'ailleurs, que les expériences que l'on a faites avec des tuyaux de conduite en tôle ou en fer-blanc, et par conséquent, à parois lisses et régulières, puissent servir à fonder une théorie du mouvement des gaz dans les galeries de mines, dont les formes et les dimensions changent à chaque instant, et qui sont toujours plus ou moins longues, contournées et à parois raboteuses.

Quoi qu'il en soit, j'ai étudié toutes les formules données par M. Peclet, dans son *Traité de la chaleur*, et déduites de ses propres expériences sur le tirage des cheminées, et de celles de M. Daubuisson sur le mouvement de l'air dans les tuyaux de conduite, et j'ai cherché à les appliquer à la détermination de la vitesse de l'air dans les travaux des mines. Je suis arrivé à des résultats qui cadrent si bien avec les faits jusqu'à présent observés, que je ne puis résister au désir de consigner ici le résumé de mon travail.

M. Peclet donne, pour déterminer la vitesse de *l'air pur* dans les cheminées en terre cuite, la formule suivante :

$$V = 9{,}12 \sqrt{\frac{hm(t-t')D}{L+4D}}.$$

Dans cette formule,

$V =$ la vitesse moyenne de l'air dans la cheminée;
$h =$ la hauteur verticale de la colonne d'air échauffé;
$m =$ le coefficient de dilatation des gaz et des vapeurs $= 0{,}00375$ par degré centigrade;
$t =$ la température intérieure;
$t' =$ la température extérieure;
$D =$ le diamètre;
et $L =$ la *longueur totale* du canal de la cheminée.

Je remarque d'abord, que M. Peclet a supprimé, à tort selon moi, du dénominateur de la fraction qui est sous le radical, le facteur $(1+mt')$, qui doit y être réintégré; mais, comme la

température de l'air descendant dans une mine, approche toujours beaucoup de 15°, l'on peut, en considérant cette température comme constante, rétablir le facteur dans la formule, sans rien lui faire perdre de sa simplicité; il suffit pour cela, de diviser le coefficient 9,12 hors du radical, par la racine carrée du facteur

$$(1+mt') = \sqrt{1+0,00375 \times 15} = \sqrt{1+0,05625} = \sqrt{1,05625} = 1,0278,$$

soit 1,03; il vient alors :

$$V = \frac{9,12}{1,03}\sqrt{\frac{hm(t-t')D}{L+4D}} = 8,85\sqrt{\frac{hm(t-t')D}{L+4D}},$$

et l'on retombe ainsi, sur la formule donnée par M. Peclet, pour exprimer la vitesse de *l'air brûlé* dans les cheminées, formule à laquelle il faudrait apporter la même correction, s'il s'agissait dans les mines, d'air brûlé.

La longueur totale du parcours de l'air dans une mine est toujours très-grânde, comparée au diamètre moyen des galeries et des puits, de sorte que l'on peut négliger le second terme 4D du dénominateur de la fraction, sous le radical.

Pour trouver le diamètre moyen D des puits et des galeries, considérés comme un canal unique que doit parcourir l'air, depuis l'orifice du puits d'entrée jusqu'à l'orifice du puits de sortie, je multiplie la section transversale de chaque puits ou de chaque galerie, par sa longueur respective, j'additionne tous les volumes, je divise la somme par la longueur totale du parcours = L, en ayant soin de ne compter que comme une même partie de cette longueur, les distances où le courant principal se partage en plusieurs courants partiels, jusqu'au pied du puits de sortie, ou jusqu'à une galerie à travers bancs, comme cela se pratique dans les mines bien dirigées; j'obtiens ainsi une section moyenne dont je prends le diamètre D, et qui, multipliée par la vitesse moyenne V, déterminée par la formule, me donne le volume d'air chaud débité en une seconde, par le puits de sortie.

Pour rendre la formule conforme à celle que j'ai déjà employée précédemment, j'appellerai encore t la température de l'air descendant, t' la température de l'air sortant, et a le coefficient de dilatation des gaz; elle devient ainsi définitivement :

$$V = 8,85 \sqrt{\frac{ha(t'-t)D}{L}}.$$

Cette formule pourrait bien fournir des résultats trop élevés, parce qu'il n'y est pas tenu compte des coudes et des brusques inflexions des galeries, des rétrécissements extraordinaires, de l'état des surfaces en contact avec l'air, de la quantité d'acide carbonique mêlée à l'air, surtout dans les mines où l'on fait usage de foyers pour dilater les gaz, etc., etc.; mais je crois que, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'apprécier les effets de ces diverses circonstances sur la marche générale du courant d'air dans une mine.

Introduisons maintenant dans la formule les données que nous fournit M. Combes, dans ses notes additionnelles au mémoire précité, et voyons à quels résultats nous serons conduits.

Fosse Védette d'Anzin.

« La fosse *Védette* servait, lors de mes observations, à l'extrac-
» tion de l'eau au moyen de tonnes, et à la sortie de deux courants
» d'air venant l'un de la fosse *Pauline*, l'autre de la fosse *Sen-*
» *tinelle*. Une troisième branche descend par le goyau et les
» beurtias de la fosse Védette. Le foyer d'aérage est établi
» latéralement au puits, à la profondeur de 141 mètres, et sa
» cheminée débouche dans le même puits à 120 mètres au-des-
» sous de la surface. Ce foyer consomme à très-peu près 500 kil.
» de houille en 24 heures.

» Le courant d'air venant de Pauline, après être descendu
» par le puits de ce nom, qui a 152 mètres de profondeur ver-
» ticale, suit une voie de traînage ou chasse, de 362 mètres de
» longueur, circule sur le front des tailles, revient près du

» puits Pauline, par une voie ménagée au-dessus des tailles, » et de là arrive au pied de la Védette, par une galerie étroite, » tortueuse et mal entretenue, parce qu'elle va bientôt deve- » nir inutile, et dont le développement est de 280 mètres. Le » trajet total parcouru par cette branche, depuis l'orifice du » puits Pauline, jusqu'au bas de la fosse Védette, est à très- » peu près de 1.288 mètres. La bande de houille exploitée, et » remplacée par des remblais dont le courant fait le tour, a » une longueur de 362 mètres (longueur de la chasse), sur 92 » mètres de largeur environ, ou 33.304 mètres carrés de su- » perficie environ. Le volume d'air, venant de Pauline, a été » trouvé de 1,15 mètre cube par seconde.

» Le courant d'air venant de la Sentinelle, descend par le » puits de ce nom, dont la profondeur est de 135 mètres, et » débouche dans la fosse Védette, au niveau de 141 mètres, » après un parcours souterrain de 573 mètres de développe- » ment, dans une galerie dont la section est d'environ 0,80 mè- » tre carré (1^{m} de haut sur $0^{m},80$ de large). Le volume du » courant d'air venant de la Sentinelle a été trouvé de 0,96 » mètre cube par seconde.

» Enfin le volume d'air total remontant par la fosse Védette » a été trouvé de 3,81 mètres cubes par seconde, volume proba- » blement plus considérable que le volume réel. Quoi qu'il en » soit, l'air arrivant des fosses Pauline et Sentinelle était à une » température de 15,5 à 16 degrés centigrades. L'air chaud » sortant par l'orifice de la Védette était à une température » de 24 degrés, lors de l'observation faite dans le puits, et j'ai » vu cette température varier de 24 à 30 degrés. En admettant » qu'il sortît 3,81 mètres cubes d'air par seconde, à 24°, et sous » la pression de $0^{m},7547$ de mercure, qui était celle qui avait » lieu le jour de l'observation; on trouve que le poids de l'air » sortant, supposé être de l'air atmosphérique, serait de $4^{klg.},44$ » par seconde, ou par 24 heures, de 383,616 kilog. L'action » du foyer élevait la température de cette masse d'air, de 16 à » 24 degrés, ou de 30 degrés au plus; ainsi l'augmentation de

» température était de 8 à 14 degrés centigrades. Or, en admet-
» tant que la chaleur spécifique de l'air soit de 0,26, et que la
» combustion de chaque kil. de houille fournit 7000 unités de
» chaleur, on trouve que les 500 kil. de houille, brûlés en 24 heu-
» res, développent une quantité de chaleur suffisante pour éle-
» ver de 35 degrés centigrades la température de la masse d'air
» sortante. Il y a donc, dans la fosse Védette, une perte con-
» sidérable de chaleur, et cela tient, sans aucun doute, à
» l'humidité continuelle des parois du puits, constamment en-
» tretenue par l'eau tombant des tonnes d'épuisement qui y
» circulent. » (*Annales des mines*, t. XVI, p. 181.)

M. Combes ne fait pas connaître les dimensions des puits; mais je crois me rappeler que la plupart des puits de la société d'Anzin ont environ 9 à 10 pieds, soit 3 mètres de diamètre, et par conséquent, 7 mètres carrés de section.

La galerie d'aérage amenant le courant d'air de Ste-Pauline, étant *étroite, tortueuse et mal entretenue*, je lui supposerai seulement un mètre de section.

Je procède donc aux calculs de la manière suivante :

$$141 \times 7 = 987$$
$$152 \times 7 = 1064$$
$$1136 \times 1 = 1136$$

1429   3187 | 1429

2,23 m. car. = section moyenne.
1,70 m. = diamètre moyen.

Dans ce cas particulier,

$h = 120$ mètres;
$a(t'-t) = 0,0525$;
$D = 1^{m},70$;
$$\frac{ha(t'-t)D}{L} = \frac{10,71}{1430} = 0,00749;$$
$$\sqrt{0,00749} = 0,0866;$$
$V = 0,0866 \times 8,85 = 0,76641$ mètre par seconde, = la vitesse

moyenne du courant d'air venant de Ste-Pauline et sortant par le puits de la Védette.

Multipliant cette vitesse par la section moyenne = 2,23 mètres carrés, il vient 1,7089943 mètre cube, pour le volume d'air débité par seconde.

Si, au lieu de 30°, l'on suppose successivement que l'air sortant par le puits de la Védette n'est chauffé que jusqu'à 24°, comme l'admet M. Combes, ou jusqu'à 27°, moyenne entre 24° et 30°, l'on obtiendra d'autres nombres; mais pour cela, il est inutile de recommencer les calculs, et il suffit de diviser la vitesse trouvée = 0m,76641, par la racine carrée de 0,0525 = $\sqrt{0,0525} = 0,229$, et de multiplier successivement le quotient = 3,34 par les racines carrées de 0,03 et de 0,04125 = $\sqrt{0,03}$ et $\sqrt{0,04125} = 0,173$ et 0,203, ce qui donne les vitesses respectives de 0,57782 et de 0,67802 mètre, et en les multipliant par la section moyenne = 2,23, l'on obtient les quantités d'air débitées par seconde = 1,2885386 et 1,5119846 mètre cube.

Le premier de ces nombres ne diffère de celui que M. Combes a trouvé par expérience que de 0,14.

Pour le courant venant du puits dit de la Sentinelle, les calculs sont :

$$141 \times 7 = 987$$
$$135 \times 7 = 945$$
$$573 \times 0,80 = 458$$

849   2390 | 850

2,81 m. car. = section moyenne.
1,90 m. = diamètre moy. = D.

$h = 120$ mètres;

$a(t'-t) = 0,04125$;

$$\frac{ha(t'-t)D}{L} = \frac{120 \times 0,04125 \times 1,90}{850} = 0,011064;$$

$$\sqrt{0,011064} = 0,105;$$

$$V = 0,105 \times 8,85 = 0^m,92925 = \text{vitesse moyenne.}$$

Si l'on divise ce nombre par la racine carrée de 0,04125 = 0,203, et que l'on multiplie le quotient = 4,577, par la racine carrée de 0,03 = 0,173, l'on a 0m,791821, vitesse correspondante à la température de l'air sortant, supposée être de 24°; la première vitesse = 0m,92925, correspond à la température moyenne de 27°.

Si l'on multiplie successivement ces deux vitesses par 2,81 mètres carrés, section moyenne des galeries et des puits, l'on a pour la dépense, par seconde, 2,22501701 et 2,6111925 mètres cubes d'air. M. Combes ne donne que 0,96 mètre cube; mais j'ai lieu de croire que ce jaugeage est inexact, puisque M. Combes, par un troisième jaugeage, a trouvé que le volume total d'air sortant, par seconde, du puits de la Védette était, lors de ses expériences, de 3,81 mètres cubes; or les deux courants partiels 1,15 et 0,96 ajoutés ensemble, ne donnent que 2,11 mètres cubes, et je ne suppose pas que l'excédant 1,70 mètre cube puisse avoir été fourni par le courant qui servait à alimenter le foyer d'aérage, et qui provenait du goyau et des beurtias.

Quoi qu'il en soit, adoptant pour les quantités d'air fournies respectivement par les puits de Ste-Pauline et de la Sentinelle, les deux nombres les moins élevés déterminés ci-dessus = 1,29 et 2,22, l'on a pour le volume total 3,51 mètres cubes par seconde. Comme nous l'avons vu, M. Combes a trouvé, par un jaugeage, dans le puits de la Védette, ce volume total égal à 3,81 mètres cubes, différence en plus = 0,30; mais il est permis d'attribuer cette différence au volume d'air fourni par le courant venant des beurtias, qui alimente le foyer, et qui est compris dans le courant total sortant par le puits de la Védette. Cela supposerait que le courant partiel des beurtias, fournit 259.200 mètres cubes d'air en 24 heures; supposition que l'on admettra sans doute, si l'on réfléchit que le foyer consomme environ 500 kilogrammes de houille par jour, et que le tirage, dans le puits de la Védette, qui lui sert de cheminée, est très-faible. Je suis même porté à croire, par cette raison, que

l'alimentation du foyer consomme plus qu'un tiers de mètre cube d'air par seconde ; si l'on tient compte, bien entendu, de la quantité d'air pur qui échappe à la combustion.

Fosse Ernest d'Anzin.

« La fosse *Ernest* a une profondeur de 201 mètres. Le foyer » d'aérage est établi à 184 mètres, et sa cheminée débouche » dans le puits à 160 mètres, au-dessous de la surface.

« Au bas de la fosse Ernest débouche un courant d'air venant » de la fosse de la *Réussite*, qui, après être descendu par cette » fosse, dont la profondeur est de 331 mètres, a parcouru une » suite de galeries dont le développement souterrain est de » 2.238 mètres. Le volume de ce courant d'air a été trouvé de » 2,07 mètres cubes par seconde, à la température de 16 de» grés et sous une pression de $0^m,7636$ de mercure.

» Deux courants d'air venant de la fosse Demézières ont » ensemble un volume de 1,45 mètre cube par seconde, sous » la pression de $0^m,7612$ de mercure, et à la température de » 17 degrés. D'autres courants, qui ne m'ont point été indiqués, » débouchent encore dans la même fosse, indépendamment de » celui qui descend par le goyau et les beurtias d'Ernest, et » dont une partie sert à alimenter la combustion du foyer.

« Ce foyer brûle, par vingt-quatre heures environ, 697 ki» logrammes de grosse houille de Fresnes.

» Le puits est très-sec, et ne servait pas à l'extraction de » la houille lors de mes observations; le volume total du » courant d'air chaud sortant par l'orifice du puits était de » 8,1969 mètres cubes par seconde, à la température de 32 à » 37 degrés centigrades, et sous une pression de $0^m,7573$ de » mercure. La température de l'air extérieur était de 20 degrés » $\frac{1}{2}$. Il résulte de là que le poids de l'air sortant par la fosse » Ernest était, lors de mes observations, de 9,975 kilog. » par seconde environ, ou 861.840 kilogrammes par vingt» quatre heures. L'action du foyer élève la température de

» cette masse d'air de $16\frac{1}{2}$ à $34\frac{1}{2}$ degrés, ou de 18 degrés cen-
» tigrades moyennement. En calculant, d'après les mêmes bases
» que dans l'exemple précédent, on trouve que le combustible
» brûlé développe une quantité de chaleur capable d'élever de
» 22 degrés centigrades environ la masse d'air sortante. La
» perte de chaleur est donc ici assez faible, et égale seulement
» à moins de $\frac{1}{5}$ de la chaleur totale développée. »

Ici, comme on le voit, je ne puis vérifier, par le calcul, que le courant d'air venant de la fosse dite de la Réussite ; les éléments me manquent pour les autres courants partiels qui, avec le premier, forment le courant total sortant par la fosse Ernest.

Pour le courant de la Réussite, en supposant que sa température, dans la fosse Ernest soit de 34°, les calculs sont les suivants :

Ernest.	201	×	7	=	1407
Réussite	331	×	7	=	2317
Galeries	2238	×	1	=	2238
	2770				5962

$\frac{5962}{2770}$ = 2,15 m. car. = section moyenne.
1,66 m. = diamètre = D.

$$V = 8{,}85\sqrt{\frac{ha(t'-t)D}{L}} = 8{,}85\sqrt{\frac{160\times 0{,}00375\times 18\times 1{,}66}{2770}}$$

$$= 8{,}85\sqrt{\frac{17{,}928}{2770}} = 8{,}85\sqrt{0{,}006472} = 0{,}0805\times 8{,}85$$

$$= 0^m{,}712425 = \text{vitesse moyenne par seconde.}$$

Multipliant cette vitesse par la section moyenne = 2,15, il vient 1,53171375 mètre cube, pour le volume d'air produit par la fosse de la Réussite, en une seconde.

Si, avec M. Combes, l'on admettait que la température de l'air, dans le puits Ernest, fût augmentée de 22°, l'on aurait à diviser le nombre 0,712425 par la racine carrée de 0,0675 = 0,26, et à multiplier le quotient = 2,74, par la racine de 0,08250 = 0,288,

et l'on obtiendrait $V = 0^m,78912$, qui, multipliée par la section moyenne $= 2,15$, donnerait 1,6966080, soit 1,70 mètre cube d'air par seconde.

M. Combes a trouvé 2,07 mètres cubes; mais il ne faut pas perdre de vue que je n'ai supposé à la galerie qu'un mètre carré de section; si on la portait à 1,5 mètre carré, supposition qui ne doit pas s'écarter beaucoup de la réalité, l'on obtiendrait, dans l'hypothèse de 22° d'augmentation de chaleur, 2,55 mètres carrés pour section moyenne, 1,80 mètre, pour diamètre moyen, $0^m,81951$, pour vitesse par seconde, et enfin 2,0897505 mètres cubes, pour le volume d'air provenant du puits de la Réussite et sortant par le puits Ernest.

J'avoue que j'étais loin de m'attendre moi-même à une pareille précision; et l'on doit reconnaître, par ce qui précède, que la formule s'accorde merveilleusement avec les résultats de l'observation.

Je la considèrerai donc provisoirement, comme approchant autant que possible, de l'exactitude, tout en conservant la simplicité qu'elle doit avoir pour être utile dans la directiou des travaux d'exploitation.

Avant d'aller plus loin, je dois faire ici deux remarques fort importantes, sans lesquelles on pourrait être induit dans de très-graves erreurs :

1re *Remarque.* La formule ne s'applique qu'à des galeries d'une grande longueur, relativement à leurs sections transversales, et de sections transversales qui ne diffèrent pas beaucoup entre elles.

L'on se tromperait, par exemple, si l'on voulait s'en servir pour déterminer la vitesse de l'air dans une mine, où deux puits de grandes dimensions seraient joints, à leur partie inférieure, par une galerie qui n'aurait que quelques mètres de longueur, et un diamètre très-petit, relativement à ceux des puits; l'on obtiendrait encore des résultats trop élevés, si la galerie, quoique très-longue, n'avait que le septième ou le huitième de la section transversale des puits.

Soit, par exemple, la température de l'air descendant de 15°, celle de la colonne d'air échauffé de 35°, la hauteur de cette colonne de 200 mètres, deux puits, l'un d'entrée l'autre de sortie, chacun de 200 mètres de profondeur, et de 8 mètres carrés de section ; si ces puits sont immédiatement mis en communication par le pied, la formule donne, pour la vitesse de sortie, 3m,06 ; si une galerie de 10 mètres de longueur et de 1 mètre carré de section, joignait les deux puits, l'on trouverait encore 3m,00015, quoi qu'il soit bien évident que la galerie ne pourra fournir cette quantité d'air par seconde, puisque la vitesse théorique de l'air n'y dépassera pas 17 mètres par seconde, et que dans cette hypothèse même, elle ne donnerait encore de l'air, dans le puits de sortie, que pour une vitesse de 2m,20 par seconde.

Si, toutes les autres données restant les mêmes, la galerie avait 4000 mètres de longueur et 1 mètre carré de section, l'on obtiendrait par la formule, 0m,6195 pour vitesse moyenne ; mais cette vitesse est encore trop grande, puisque si l'on supposait le canal partout d'un mètre de section, et de 4000 mètres de longueur, l'on aurait 0m,576135 ; c'est-à-dire une vitesse moindre que lorsqu'on y ajoute les deux puits qui ont chacun 200 mètres de profondeur, ce qui n'est évidemment pas admissible.

Dans cette dernière circonstance, on pourra donc négliger le frottement de l'air dans les puits, et se borner, comme je viens de le faire, à calculer la vitesse de l'air dans la galerie ; mais il ne faut pas perdre de vue que pour en agir ainsi, la galerie doit avoir une très-grande longueur et une très-petite section, relativement à la profondeur et à la section des puits ; car si la galerie, tout en conservant la même longueur de 4000 mètres, avait 4 mètres carrés de section, l'on trouverait 0m,792075, pour la vitesse moyenne, avec les puits, et 0m,8142, pour la vitesse dans la galerie, sans les puits.

Si l'on suppose à la galerie 2000 mètres de longueur et 6 mètres carrés de section, l'on a 1m,17705 pour la vitesse moyenne, avec les deux puits, et 1m,2744 sans les puits.

Enfin, si l'on donne à la galerie de 2000 mètres de longueur, la même section qu'à chacun des deux puits, c'est-à-dire 8 mètres carrés, l'on obtient, pour la vitesse moyenne et réelle, $1^m,24785$ pour toute la longueur du parcours de l'air, y compris les deux puits.

La formule exprime donc la vitesse moyenne de l'air dans un canal qui aurait à peu près partout le même diamètre, et il résulte de ce qui précède, que l'on doit disposer les travaux de manière à approcher, autant que possible, de cette égalité de section; autrement, la plus grande partie de la force motrice serait employée à faire inutilement passer l'air avec une grande vitesse, dans les galeries étroites.

2e *Remarque.* V exprime la vitesse de l'air dans un canal cylindrique de la longueur L et du diamètre D; mais si le canal est rétréci par un étranglement ou par un diaphragme percé d'une ouverture plus petite que la section du canal, l'air prendra dans cette ouverture, ou dans cet étranglement, une vitesse v' plus grande que dans le canal, et la vitesse V dans le canal se trouvera diminuée. Si nous appelons d le diamètre de l'ouverture pratiquée en mince paroi, et V' ce que devient la vitesse V dans le canal, nous aurons, en négligeant le coefficient de réduction de l'écoulement des gaz (0,65 ou 0,93 ou 0,95) :

$$v' : V' :: D^2 : d^2, \quad v' = \frac{V'D^2}{d^2}$$

et

$$V' = \frac{d^2}{D^2}\, 8,85 \sqrt{\frac{ha(t'-t)D}{L}}.$$

La vitesse de l'air sera donc encore réduite, au moins dans le rapport du carré du diamètre de l'ouverture du diaphragme, à celui du canal; je dis au moins, parce que, comme on l'a vu, je n'ai pas tenu compte du coefficient de contraction, dans la supposition que l'ouverture pourrait être considérée comme munie d'un ajutage cylindrique, et qu'il n'y aurait, par conséquent, qu'une faible réduction dans l'écoulement du gaz.

Ceci démontre encore combien il importe de donner à la conduite une section uniforme, et surtout de ne pas rétrécir, en certains points, comme on le fait quelquefois, le passage de l'air, pour en augmenter la vitesse; car quelles que soient les autres circonstances, la vitesse de l'air dans les autres parties du canal supposées d'un diamètre uniforme, n'en sera pas moins à la vitesse, dans le passage rétréci, comme l'aire de l'ouverture du passage est à l'aire de la section du canal, c'est-à-dire $:: d^2 : D^2 = \frac{d^2}{D^2}$. Si l'on supposait, par exemple, que l'air n'éprouvât aucune résistance dans son mouvement, contre les parois du canal, que l'air entrant fût à 10°, l'air sortant à 30°, que les deux puits eussent chacun 200^m de profondeur, et ainsi que le canal ou les galeries, 3 mètres de diamètre, et, que la colonne d'air échauffé fût de 200 mètres de hauteur, nous avons vu que la vitesse théorique serait de $16^m,80$; mais si l'on forçait l'air à passer par un étranglement qui n'aurait que 0,7854 mètre carré de section, et par conséquent, 1 mètre de diamètre, la vitesse de l'air, dans le passage rétréci, resterait bien de $16^m,80$, mais dans le canal et dans les puits, elle ne serait plus que de :

$$\frac{d^2}{D^2} \times 16{,}80 = \frac{1}{9} \times 16{,}8 = 1^m{,}866\,!$$

Je vais maintenant reprendre la formule :

$$V = 8{,}85\sqrt{\frac{ha(t'-t)D}{L}},$$

et en déduire les conditions générales d'un bon aérage des mines. Pour rendre plus clair ce que j'ai à dire à ce sujet, j'ai consigné dans le tableau ci-contre, les résultats que l'on obtient en faisant successivement varier les divers éléments d'activité du courant, et de résistance des parois des puits et des galeries, au mouvement de l'air.

Nº d'ordre.	TEMPÉRATURE de l'air		Hauteur de la colonne échauffée. h.	NOMBRE, LONGUEUR, SECTION ET CUBE		Longueur du parcours. L.	Cube total des puits et galeries.	Section moyenne.	Diamètre moyen. D.	Vitesse moyenne. V.	Volume par seconde. *Mètres cubes.*
	Extérieur. t.	Sortant. t'.		Des puits.	Des galeries.						
1	10°	30°	200	2×200×4=1600	1× 300×4=1200 1×1000×2=2000	1700	4800	2,82	1,90	1,1505	3,2444
2	15°	30°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,9912	2,7951
3	id.	35°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,1505	3,2444
4	id.	40°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,2832	3,6188
5	id.	45°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,4071	3,9682
6	id.	50°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,5133	4,2676
7	id.	75°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,9824	5,5903
8	id.	100°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	2,3629	6,6635
9	15°	35°	10	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,2561	0,7222
10	id.	id.	20	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,3621	1,0210
11	id.	id.	30	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,4439	1,2517
12	id.	id.	40	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,5127	1,4459
13	id.	id.	50	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,5727	1,6149
14	id.	id.	60	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,6277	1,7702
15	id.	id.	100	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,8106	2,2842
16	id.	id.	150	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,9963	2,8095
17	id.	id.	200	id.	id.	id.	id.	id.	id.	1,1505	3,2444

20	15°	35°	200	2×200×6=2400	1× 300×4= 1200 1×1000×2= 2000	1700	5000	3,30	2,05	1,1947	3,0427
21	id.	id.	id.	2×200×8=3200	id.	1700	6400	3,76	2,19	1,2301	4,0254
22	id.	id.	id.	id.	1× 300×6= 1800 2×1000×2= 4000	1700	9000	5,30	2,60	1,3363	7,0826
23	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 1×1000×1= 1000	2000	7800	3,90	2,23	1,1416	4,4524
24	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 1×1000×2= 2000	2000	8800	4,40	2,37	1,1770	5,1790
25	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 2×1000×2= 4000	2000	10800	5,40	2,62	1,2390	6,6906
26	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 3×1000×2= 6000	2000	12800	6,40	2,86	1,2921	8,2694
27	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 4×1000×2= 8000	2000	14800	7,40	3,07	1,3452	9,9545
28	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 6×1000×2=12000	2000	18800	9,40	3,46	1,4248	13,3936
29	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 8×1000×2=16000	2000	22800	11,40	3,81	1,4956	17,0504
30	id.	id.	id.	2×200×8=3200 1×200×8=1600	id.	2000	24400	12,20	3,94	1,5222	18,5708
31	id.	id.	id.	3×200×8=4800 1×200×8=1600	id.	2000	26000	13,00	4,07	1,5487	20,1337
32	id.	id.	id.	id.	2× 300×6= 3600 8×2000×2=32000	3000	42000	14,00	4,22	1,2832	17,9655
33	id.	id.	id.	2×200×8=3200	2× 300×2= 1200 1×8000×2=16000	9000	20400	2,27	1,70	1,4160	3,2143

N° d'ordre.	TEMPÉRATURE de l'air		Hauteur de la colonne échauffée. *h.*	NOMBRE, LONGUEUR, SECTION ET CUBE		Longueur du parcours. *L.*	Cube total des puits et galeries.	Section moyenne.	Diamètre moyen. *D.*	Vitesse moyenne. *V.*	Volume par seconde. *Mètres cubes.*
	Extérieur. *t.*	Sortant. *t'.*		Des puits.	Des galeries.						
34	15°	100°	40	1×300×3= 900 1×300×6=1800	1×2000×2=4000	2600	6700	2,58	1,81	0,8337	2,1509
35	id.	50°	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.	0,5321	1,3728
36	15°	35°	200	2×200×8=3200	»	400	3200	8,00	3,19	3,0600	24,4800
37	id.	id.	id.	2×200×8=3200	1× 10×1= 10	410	3210	7,80	3,15	3,00015 0,37500	23,4012 2,9250
38	id.	id.	id.	2×200×8=3200	1×4000×1= 4000	4400	7200	1,64	1,44	0,61950	1,0160
39	id.	id.	id.	»	1×4000×1= 4000	4000	4000	1,00	1,13	0,376135	0,376135
40	id.	id.	id.	1×200×8=1600	1× 10×1= 10	210	1610	7,66	3,12	4,177200 0,522100	31,997400 3,999300
41	id.	id.	id.	2×200×8=3200	1×4000×4=16000	4400	19200	4,36	2,36	0,792075	3,453400
42	id.	id.	id.	»	1×4000×4=16000	4000	16000	4,00	2,26	0,814200	3,256800
43	id.	id.	id.	2×200×8=3200	1×2000×6=12000	2400	15200	6,33	2,84	1,177050	7,450700
44	id.	id.	id.	»	1×2000×6=12000	2000	12000	6,00	2,76	1,274400	7,646400
45	id.	id	id.	2×200×8=3200	1×2000×8=16000	2400	19200	8,00	3,19	1,247850	9,982800

1° Les vitesses de l'air, et par conséquent, les dépenses d'air, en un temps donné, toutes choses égales d'ailleurs, sont entre elles comme les racines carrées des différences de température de l'air entrant et de l'air sortant de la mine. Ainsi les vitesses et les volumes, dans les exemples n°s 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 du tableau, sont respectivement entre eux :: $\sqrt{20}$: $\sqrt{15}$: $\sqrt{20}$: $\sqrt{25}$: $\sqrt{30}$: $\sqrt{35}$: $\sqrt{60}$: $\sqrt{85}$.

Pour obtenir les vitesses consignées au tableau, il faudrait dépenser des quantités de combustible proportionnelles aux produits des quantités d'air par les accroissements respectifs de température, c'est-à-dire que les dépenses de combustible correspondantes aux accroissements de vitesse, seraient *à peu près* entre elles :: 20 × 3,2444 : 15 × 2,7951 : 20 × 3,2444 : 25 × 3,6188 : 30 × 3,9682 : 35 × 4,2676 : 60 × 5,5903 : 85 × 6,6635, ou, en effectuant les multiplications, :: 64,89 : 41,93 : 64,89 : 90,47 : 119,05 : 149,37 : 334,52 : 566,40. Ainsi à un accroissement de volume d'air par seconde de 6,6635 — 2,7951 = 3,8684, correspondrait un accroissement de consommation de 566,40 — 64,89 = 502,51.

L'on voit d'après cela, combien il est désavantageux, sous le rapport de l'économie du combustible, de vouloir augmenter la vitesse du courant, en augmentant la température de l'air sortant. Je crois avec M. Combes, que l'on ne doit et que l'on ne peut guère élever cette température au delà de 50°.

L'on voit aussi par là, que le foyer, comme moyen d'activer l'aérage, ne peut être employé qu'entre deux limites assez rapprochées, 16° et 50°, et qu'il ne doit pas toujours, eu égard seulement à la dépense, obtenir la préférence sur les moyens mécaniques.

2° Les vitesses de l'air, toutes choses égales d'ailleurs, sont encore proportionnelles aux racines carrées des hauteurs verticales des colonnes d'air échauffé : ainsi les vitesses et les volumes indiqués aux n°s 9 à 19 du tableau, sont entre eux :: $\sqrt{10}$: $\sqrt{20}$: $\sqrt{30}$: $\sqrt{40}$: $\sqrt{50}$: $\sqrt{60}$: $\sqrt{100}$: $\sqrt{150}$: $\sqrt{200}$: $\sqrt{300}$: $\sqrt{400}$.

Il résulte de là qu'il y a toujours avantage à placer le foyer, lorsque cela est possible, et ne peut compromettre la sûreté des ouvriers ou la conservation de la mine, au fond du puits de sortie de l'air, puisque sans occasionner aucune dépense, cette disposition augmente la vitesse du courant; mais que cependant, les hautes cheminées qui surmontent, la plupart du temps, en Belgique, les puits d'aérage, ne sont pas tout à fait inutiles comme le prétend M. Combes; puisque de 10 à 60 mètres de hauteur (6 fois plus grande), une cheminée dans laquelle on entretient l'air seulement à 35° centigrades, augmente près de deux fois et demie (2,45), la vitesse du courant d'air (n°ˢ 9 et 14 du tableau); tandis que de 10 à 400 mètres, pour une profondeur 40 fois plus grande, la vitesse ne se trouve augmentée que dans le rapport de $\frac{1,6200}{0,2561}$ = 6,32 (n° 9 et 19) du tableau. Il est à remarquer en outre, que l'on peut, dans une cheminée, porter sans inconvénient, la température jusqu'à 100°; ce que l'on n'est pas toujours maître, ou plutôt ce que l'on n'est presque jamais maître de faire, dans un puits qui ne sert pas uniquement à l'aérage d'une mine; et alors une cheminée de 60 mètres de hauteur, équivaudrait, pour le tirage, et toutes les autres circonstances restant les mêmes, à un puits de 250 mètres environ de profondeur, où l'air ne serait moyennement échauffé que jusqu'à 35°.

3° Les vitesses de l'air sont proportionnelles aux racines carrées des diamètres moyens des puits et des galeries, pourvu, comme je l'ai déjà dit, qu'il ne s'agisse que de galeries de grandes longueurs et de sections peu différentes entre elles.

4° Les volumes d'air dépensés en un temps donné, sont proportionnels aux racines carrées des diamètres moyens, et aux aires des sections moyennes ou aux carrés des diamètres, les sections étant entre elles comme ces carrés; c'est-à-dire que les dépenses d'air sont proportionnelles aux carrés des diamètres moyens multipliés par les racines carrées de ces diamètres, ou enfin proportionnelles aux racines carrées des cinquièmes puissances des diamètres moyens.

5° Enfin les vitesses de l'air sont proportionnelles aux racines carrées des longueurs totales des galeries et des puits, considérés, pour chaque exploitation, comme une grande conduite d'air.

J'ai tâché de rendre sensible cette influence de la variation du diamètre moyen et de la longueur totale des puits et galeries, sur la marche du courant d'air, par les nombres portés aux deux dernières colonnes du tableau, sous les nos 20 à 33; mais afin de mieux faire comprendre la signification de ces nombres, je vais donner quelques explications sur les quantités qui ont concouru à les former.

Dans la plupart des mines de houille à grisou de la Belgique, le courant d'air descend par le puits d'extraction, se rend directement, ou par une galerie à travers bancs, dite à Liége *bacnure,* et dans le Hainaut, *bawette* ou *bouveau*, dans la couche ou dans les couches de houille, circule successivement à toutes les tailles, et redescend, suivant l'inclinaison des couches de houille, jusqu'au pied de la bure d'aérage, par où il s'échappe de la mine, et qui est ordinairement située près du puits d'extraction.

Quelquefois, le courant principal se divise, au bas du puits d'extraction, ou dans le bouveau de traînage, en plusieurs branches dont chacune est destinée à l'aérage d'une taille, et qui se rejoignent dans un second bouveau, par lequel l'air vicié et les gaz se rendent dans le puits d'aérage pour sortir de la mine.

N° 20. J'ai supposé que les deux puits, l'un d'entrée, l'autre de sortie de l'air, avaient chacun 200 mètres de profondeur et 6 mètres de section; que le bouveau d'aérage avait 300 mètres de longueur et 4 mètres de section, ce qui, dans l'état actuel de nos mines, est à peu près un maximum qui est même rarement atteint; que le courant n'était pas divisé, et que, dans la couche de houille, la galerie avait 2 mètres carrés de section et 1000 mètres de longueur; avec ces données, la dépense d'air est de 3,94 mètres cubes par seconde.

N° 21. J'ai supposé aux puits 8 mètres de section; les autres éléments sont restés les mêmes. Le volume d'air est augmenté de 0,68 mètre cube par seconde.

N° 22. Les deux puits conservant la même section, j'ai augmenté celle du bouveau d'aérage, que j'ai portée à 6 mètres carrés, et j'ai supposé que le courant principal se divisait en deux branches dans la couche; ce qui revient à peu près à doubler la section de la galerie d'allongement et d'aérage, sans en augmenter la longueur. L'augmentation de dépense d'air est de 2,46 mètres cubes par seconde.

N° 23. Les autres éléments restant les mêmes, j'ai supposé qu'il y avait deux bouveaux, l'un de trainage et l'autre d'aérage; que le courant n'était plus divisé et que la section de la galerie était réduite de 2 à 1 mètre. Par suite de ces trois changements, le volume d'air a été *diminué* de 2,63 mètres cubes par seconde.

N° 24. En donnant à la galerie, dans la couche, 2 mètres carrés de section, la dépense d'air a été augmentée de 0,73 mètre cube par seconde.

N° 25. Le courant d'air est divisé en deux branches dans la couche, ce qui double sa section; augmentation de dépense d'air = 1,51 mètre cube.

N° 26. Le courant d'air est divisé en trois branches dans la couche, ce qui revient à tripler la section de la galerie. Augmentation de dépense d'air = 1,58 mètre cube.

N° 27. Le courant d'air est divisé en quatre branches pour aérer autant de tailles : augmentation de dépense d'air = 1,69 mètre cube.

N° 28. Le courant est divisé en six branches pour aérer six tailles : augmentation de dépense d'air = 3,44 mètres cubes.

N° 29. Le courant est divisé en huit branches : augmentation de dépense d'air = 3,66 mètres cubes.

N° 30. L'air est supposé fourni aux huit tailles, par deux puits d'extraction de 8 mètres carrés chacun de section; la dépense est augmentée de 1,52 mètre cube.

N° 31. L'air est fourni par 3 puits de même section; la dépense est augmentée de 1,56 mètre cube sur le n° 30, et par les améliorations successives, de 16,19 mètres cubes sur le n° 20.

N° 32. La longueur des galeries de trainage et d'aérage est

doublée, et portée de 1000 à 2000 mètres, ce qui formerait un parcours total de plus de 17000 mètres, à peu près trois lieues et demie, si le courant d'air n'était pas divisé; cependant la dépense n'est réduite que de 2,17 mètres cubes.

N° 33. Enfin l'air n'entre que par un seul puits, le courant n'est pas divisé, et son parcours total, depuis l'orifice du puits d'entrée jusqu'à l'orifice du puits de sortie, est de 9000 mètres. Ce changement amène, dans la dépense d'air, une réduction de 14,75 mètres cubes!

N° 34. Température de l'air sortant 100°; foyer placé à 40 mètres de profondeur. Deux puits de 300 mètres chacun de profondeur, l'un pour la descente de l'air, de 6 mètres carrés de section, l'autre pour la sortie de 3 mètres carrés; galerie de 2 mètres carrés de section et de 2000 mètres de longueur, courant non divisé; vitesse $0^m,83$, dépense $=$ 2,15 mètres cubes par seconde.

N° 35. Toutes choses restant les mêmes, l'air n'est échauffé qu'à 50°; vitesse $0^m,53$, dépense d'air 1,37 mètre cube par seconde.

Mais ces deux dernières dépenses sont certainement trop fortes de moitié, parce que, dans les mines où le courant n'est pas divisé, l'air passe par une multitude d'étranglements ou de tuyaux étroits, dont la formule n'est pas destinée à faire apprécier la résistance.

N° 36. Les deux puits de 8 mètres carrés chacun de section, sont mis directement en communication par le pied : vitesse $=$ $3^m,06$; dépense d'air $=$ 24,48 mètres cubes.

N° 37. Les puits sont mis en communication par une galerie de 10 mètres seulement de longueur et de 1 mètre carré de section : vitesse $=$ 3,00015 mètres; mais ce résultat est erroné, parce que la longueur et la section de la galerie sont trop petites relativement à celles des puits; il faut considérer la galerie comme un passage rétréci et multiplier, d'après le principe exposé ci-dessus, la vitesse obtenue par $\frac{1}{8}$, ce qui la réduit à $0^m,375$.

N° 38. Les deux puits sont mis en communication par une

galerie de 4000 mètres de longueur et de 1 mètre de section : vitesse $= 0^{m},6195$. Ce résultat est trop élevé, parce que la galerie est d'une trop petite section relativement à celle des puits. Il faut calculer la vitesse comme s'il n'y avait pas de puits ; ce qui revient à négliger la résistance des parois de ces puits au mouvement de l'air ; résistance qui peut en effet être négligée dans le cas particulier dont il s'agit, puisqu'elle est proportionnelle au carré de la vitesse, et que cette vitesse, dans les puits, n'est au plus que de $0^{m},072$ par seconde. En opérant ainsi, on trouve, comme au n° 39, que la vitesse de l'air est de $0^{m},576135$.

N° 40. Un seul puits est supposé communiquer avec l'atmosphère par une galerie de 10 mètres de longueur et de 1 mètre carré de section : vitesse $= 4^{m},1772$; mais il faut encore, comme ci-dessus, et par la même raison, la multiplier par la fraction $\frac{1}{8}$; l'on obtient alors, $0^{m},5221$ pour vitesse de l'écoulement dans le puits.

N° 41. La galerie de communication a 4000 mètres de longueur et 4 mètres carrés de section : vitesse d'écoulement $= 0^{m},792075$, qui peut être considérée comme exacte, parce que la section de la galerie est devenue égale à la moitié de celle du puits.

N° 42. $0^{m},8142 =$ vitesse d'écoulement de l'air dans la galerie, abstraction faite des puits ; comme cela devait être, l'on voit que la vitesse est ici plus considérable que dans le cas précédent.

N° 43. La galerie de 2000 mètres de longueur a 6 mètres carrés de section : vitesse $= 1^{m},17705$.

N° 44. Même galerie isolée des puits : vitesse $= 1^{m},2744$, ce qui confirme l'exactitude des calculs précédents.

N° 45. Section de la galerie, 8 mètres carrés : vitesse $= 1^{m},24785$. Cette vitesse est un peu plus grande que celle du n° 43, où la galerie n'a que 6 mètres carrés de section ; mais un peu plus petite que celle du n° 44, où, quoique la galerie n'ait encore que 6 mètres carrés de section, elle est isolée du puits, et n'oppose que sa propre résistance au mouvement de

l'air. Tous ces résultats sont parfaitement rationnels, et il était facile de les prévoir.

Des nombres consignés sous les n°s 24, 25, 26, 27, 28, 29, 36, 38, 39, 41, 42, 43 et 44, je tire plusieurs conséquences très-importantes, et sur lesquelles je dois insister d'une manière toute spéciale.

1° Lorsque les puits et les bouveaux, dans lesquels se réunissent les courants partiels, ont une section plus grande que la totalité de celles des galeries où le courant principal se trouve divisé, la vitesse moyenne, au lieu de diminuer, par la division de l'aérage, augmente, au contraire, de telle sorte que *huit tailles* se trouvent presqu'aussi bien aérées qu'une seule. Il s'ensuit donc que l'on commet une faute grave lorsque, dans l'intention d'augmenter la vitesse du courant, on le fait circuler successivement à toutes les tailles; comme la longueur du parcours est alors beaucoup augmentée, il arrive presque toujours que les huit tailles, par exemple, sont ensemble moins bien aérées que ne l'aurait été une seule, dans le cas de la division du courant principal en huit branches.

2° Lorsque la galerie ou les galeries sont très-longues, et d'une petite section relativement à celle des puits, la résistance des parois de ces puits au mouvement de l'air peut être négligée, parce que la vitesse y est très-petite; c'est donc la galerie presque seule qui ralentit la vitesse de l'air; et l'on se trompe encore gravement lorsqu'on intercepte en tout ou en partie, le passage de l'air par d'autres galeries d'une moindre longueur. L'on parvient bien ainsi à diminuer la dépense de l'air aux tailles les plus rapprochées des puits et dans les puits; mais non à en faire passer une plus grande quantité aux tailles les plus éloignées; en un mot, sans parer à aucun inconvénient, on rend insuffisant l'aérage de toute la mine. L'usage de restreindre le passage de l'air aux tailles les plus rapprochées des puits, est donc très-vicieux, et l'on ne doit se servir des portes que pour diriger le courant aux tailles; encore, la plupart du temps, ne seraient-elles pas nécessaires, si, par une mauvaise disposition des

travaux, l'on ne laissait pas le gaz hydrogène carboné s'accumuler dans le haut des tailles, d'où l'on ne peut le déloger ensuite qu'avec beaucoup de peine.

3° Lorsque l'on ne peut pas suffisamment diviser le courant d'air, il faut alors donner aux galeries de plus grandes dimensions, afin qu'elles laissent un libre passage à l'air, et que leurs sections réunies approchent autant que possible, de celles des puits et des galeries à travers bancs.

En résumé, la théorie indique les principes suivants, auxquels on devra satisfaire, surtout dans les mines à grisou, pour obtenir un bon aérage et prévenir les explosions.

1° Faire arriver un courant d'air frais au pied de chaque taille, et à partir de ce point, lui donner une direction continuellement ascensionnelle, jusqu'au puits par où il s'échappe de la mine, afin que le gaz hydrogène carboné, en vertu de sa légèreté spécifique, le suive et l'aide dans sa marche, et ne reste pas accumulé aux tailles ou dans les autres parties des excavations souterraines, où il pourrait donner lieu à des accidents.

L'observation de ce principe est de la plus haute importance dans les mines à grisou; l'existence des ouvriers et celle de la mine en dépendent.

2° Donner partout aux puits et aux galeries la même section, afin d'éviter, autant que possible, la perte de force vive.

3° Donner, surtout aux puits et aux galeries à travers bancs, où le courant d'air n'est pas divisé, de grandes dimensions, afin de diminuer, autant que possible, la résistance des parois de la conduite au mouvement de l'air.

4° Diviser, par le même motif, et aussi pour diminuer le parcours général de l'air, le courant principal, en autant de courants partiels qu'il y a de tailles, afin que la vitesse de l'air, dans les galeries de transport et d'aérage, ne soit pas plus grande que dans les puits ou dans les galeries à travers bancs.

5° Si l'on a recours à la dilatation des gaz pour activer la circulation de l'air dans la mine, donner à la colonne d'air échauffé la plus grande hauteur possible.

6° Remblayer complétement les tailles, de manière à prévenir toute déperdition d'air et à faire arriver tout le courant partiel d'air frais au front de chaque taille.

7° Ne mettre en activité qu'un nombre de tailles tel que tout le gaz hydrogène carboné puisse être emporté par le courant d'air sans rendre cet air explosif.

8° Enfin, prendre toutes les précautions convenables pour empêcher que l'air chargé de gaz hydrogène carboné ne se mette en contact avec un foyer de combustion, ou avec la flamme nue des lampes de sûreté.

Je vais maintenant montrer comment l'on peut toujours appliquer ces principes à l'aérage des mines de houille de la Belgique, et rendre ainsi presqu'impossible l'explosion du gaz hydrogène carboné.

CHAPITRE III.

APPLICATIONS.

Je comptais donner une grande étendue à cette partie du mémoire ; mais pressé par le temps, je me vois obligé de supprimer tous les développements, et de me borner à une simple exposition de mes idées et de mon système.

Il est rare qu'une grande quantité d'eau ne suinte ou ne jaillisse pas des parois des puits d'extraction, et ne tombe pas en bruine, ou même en véritable pluie, au fond de la mine. Cette circonstance favorise doublement l'aérage, en communiquant presqu'instantanément à l'air extérieur, dans toutes les saisons, la température de la roche, dans le puits de descente, et en saturant cet air d'humidité. Or, l'air en quittant le puits de descente où il était à 15° de température, acquiert, en parcourant les travaux souterrains, celle de 20° en moyenne, et la densité de la vapeur d'eau n'étant pas même, à cette température, le $\frac{1}{65}$ de celle de l'air, il est facile de concevoir combien le courant pourra en être activé, et comment il se fait que, dans les grandes mines, la direction du courant ne change pas suivant les saisons, comme, au premier abord, la théorie semble l'indiquer. La présence du gaz hydrogène carboné contribue aussi à maintenir le courant d'air dans le même sens, et à en augmenter la vitesse, comme le ferait une addition de chaleur.

Ainsi, en supposant que l'air qui se dégage de la mine contienne un vingtième de son volume de ce gaz, sa densité sera diminuée de la même quantité que s'il avait été échauffé de 8°,7 soit 9° centigrades.

Les hautes cheminées en maçonnerie ne sont pas seulement destinées à prolonger la colonne d'air chaud, mais aussi à jeter les produits gazeux de la mine dans des couches atmosphériques plus élevées, et, par conséquent, toujours plus froides que celles qui sont à la surface; elles ont donc encore le même effet que la vapeur d'eau et le gaz hydrogène carboné, c'est-à-dire qu'elles tendent à augmenter la différence de pression qui s'exerce sur les deux colonnes d'air, et à maintenir le courant dans le même sens, quelle que soit la température extérieure. Il faut rendre aussi sec que possible le puits par où remonte l'air, afin que l'effet de l'eau dans le puits d'extraction ne soit pas détruit dans le puits d'aérage. Pour cela, lorsque les deux puits sont rapprochés, l'on détourne et l'on réunit dans un tuyau, tous les filets d'eau qui coulent le long des parois du puits d'aérage, et on les conduit dans le puits d'extraction.

Si ces diverses causes, à savoir: le refroidissement en été, de l'air entrant dans la mine, son échauffement dans les galeries souterraines et aux tailles, la présence de la vapeur d'eau, celle du gaz hydrogène carboné, la différence de hauteur et d'état hygrométrique des deux colonnes d'air, descendante et montante, ne suffisent pas pour déterminer une circulation convenable d'air dans les travaux, il faut avoir recours à des moyens artificiels.

Les moyens jusqu'à présent connus et usités sont :

1° L'échauffement de l'air, sur une certaine hauteur, dans le puits de sortie;

2° l'aspiration de l'air, sur le puits de sortie, par des machines à pistons à mouvement alternatif;

3° L'introduction de l'air, dans le puits d'entrée, par des machines soufflantes.

M. Combes propose de substituer aux machines à pistons, un

ventilateur à force centrifuge; mais l'effet de cette nouvelle machine n'a pas encore été constaté par l'expérience.

Dans deux mémoires insérés aux *Annales des mines*, années 1837 et 1839, tomes 12 et 15, M. Combes indique et discute longuement les effets, les avantages et les inconvénients de ces divers moyens d'aérage; mais je ne puis partager l'opinion qu'il a émise, en dernier lieu, sur le peu de danger que présenterait un foyer placé au fond de la mine, non dans le puits d'aspiration, mais à côté de ce puits, comme on le fait dans les mines de houille du nord de la France, et alimenté par un filet d'air pur pris à la surface.

Voici les principaux inconvénients que je reproche encore à ce mode d'échauffement de l'air :

1° Si, pour économiser le nombre d'ouvertures à la surface, l'on ménage dans le puits d'extraction, comme cela se pratique à Anzin, le conduit dit *goyau*, qui doit fournir l'air pur au foyer, en le divisant, sur toute la hauteur du *mort terrain*, en deux compartiments, par une cloison en planches continue, depuis la surface jusqu'au terrain houiller; cette cloison peut être détruite en totalité ou en partie, soit par une explosion de grisou, soit par toute autre cause, et alors, l'air intérieur chargé de gaz hydrogène carboné affluera directement sur le foyer, et pourra encore donner lieu à une ou plusieurs explosions.

2° Si, comme le propose M. Combes, l'on sépare complétement du puits d'extraction, le *goyau* et les *beurtias* (petits puits où sont placées les échelles), cela revient à l'enfoncement d'un puits particulier d'aérage; seulement les dimensions sont moins grandes, mais tout le monde sait que, dans le creusement d'un puits qui doit traverser le *mort terrain*, ce ne sont pas les dimensions plus ou moins grandes du puits qui occasionnent la principale dépense, mais bien l'épuisement des eaux, et, comme on dit, le *passage du niveau*. Une pareille économie ne mérite donc pas d'être prise en considération, lorsqu'il s'agit de la sûreté des ouvriers et de celle de la mine.

Dans cette supposition même, les portes qui interdisent

l'accès de l'air intérieur et explosif, peuvent encore rester ouvertes, par négligence des ouvriers chargés de l'alimentation du foyer, ou être emportées par une explosion de grisou, et l'air affluera encore sur le foyer.

3° Il n'est pas impossible que la flamme ou seulement un corps en ignition ne parvienne, par la cheminée du foyer, jusqu'au puits par où se dégage l'air qui a passé aux tailles, et n'y cause l'inflammation du gaz hydrogène carboné.

4° S'il y a un renversement dans la direction du courant d'air, et cela arrive presque toujours lors d'un coup de feu, le foyer pourra encore donner lieu à une seconde détonation.

5° Enfin, d'après M. Combes lui-même, l'on ne peut élever la température de l'air au delà d'une certaine limite, dont les exploitants seront toujours tentés d'approcher, pour développer autant que possible, leurs travaux d'exploitation; et alors, il ne sera jamais possible d'augmenter l'activité du courant d'air, et il sera même nécessaire, en certaines circonstances, d'éteindre le foyer, ce qui supprimera toute circulation d'air et rendra la mine inabordable.

Sans me prononcer sur l'utilité qu'il pourrait y avoir à rendre tout à fait indépendants les uns des autres, les siéges d'exploitation, et à les munir chacun d'un puits d'aérage, question qui sort du sujet que je traite ici; je proposerai une méthode d'échauffement de l'air qui est également applicable aux deux systèmes d'exploitation, qui n'est pas plus coûteuse que la précédente, et qui ne présente aucun des inconvénients ni des dangers que je viens de signaler : je veux parler de l'échauffement de l'air par la vapeur d'eau.

Déjà quelques directeurs d'exploitations jettent, dans la cheminée d'aérage, à peu près comme on le fait dans les locomotives, la vapeur qui a fonctionné dans le cylindre de la machine à vapeur d'extraction; mais cette vapeur ne peut avoir qu'une faible influence sur l'activité du courant d'air, à cause de la petite hauteur de la colonne d'air échauffée. Il est évident qu'il faut, comme la chaleur du foyer, transmettre la vapeur au pied

du puits de sortie d'abord, afin d'échauffer la colonne d'air ascendante sur toute la hauteur du puits, et ensuite, afin d'empêcher qu'en se condensant, la vapeur ne forme une pluie qui, par sa chute, retarde la marche du courant.

Je crois que les dispositions les plus convenables seraient les suivantes :

L'on établirait à la surface, une ou deux chaudières à vapeur, auxquelles viendrait s'adapter un tuyau en fonte de $0^m,20$ de diamètre, par exemple, que l'on placerait dans un des angles du puits de sortie, et qui viendrait déboucher à peu près au pied de ce puits, par son extrémité inférieure recourbée verticalement de manière à donner à la vapeur, comme au courant d'air, une direction ascendante. L'eau provenant de la condensation s'écoulerait par une petite ouverture pratiquée à cet effet dans la partie courbe du tuyau.

A la surface, le tuyau s'embrancherait avec un autre destiné à recevoir la vapeur qui aurait produit son effet mécanique, si toutefois l'extraction de la houille s'opérait par une machine à vapeur à haute pression et sans condensation.

Dans ce cas, l'on pourrait même se dispenser d'établir de nouvelles chaudières en adaptant les tuyaux à celles de la machine, et en ouvrant ou fermant le robinet ou la soupape servant à l'alimentation du tuyau, selon que la machine à vapeur serait en repos ou en activité.

Nous avons vu que, d'après M. Combes, les foyers des fosses Védette et Ernest d'Anzin, consommaient 500 à 700 kilogrammes de houille en 24 heures. Une machine à vapeur d'extraction de la force de 20 à 25 chevaux, d'une construction ordinaire, en consomme à peu près 2000 à 2500 dans le même intervalle; et si l'on suppose que le tiers ou même la moitié de la chaleur développée par le combustible soit perdue dans l'acte de la vaporisation, l'on en conclura qu'une semblable machine fournira plus de vapeur qu'il n'en faudra pour échauffer à 35° l'air qui aura circulé aux tailles de deux ou de trois siéges d'exploitation. En effet $\frac{2000}{2} = 1000$ kilogrammes de houille, donneront,

à 6000 unités de chaleur par kilogramme, 6.000.000 unités de chaleur; la température de l'air sortant devant être élevée au plus de 20°, et la chaleur spécifique de l'air étant à celle de l'eau :: 0,27 : 1, ces 6.000.000 unités de chaleur suffiront, pour élever à la température de 35°, $\frac{6.000.000}{20 \times 0,27} = 1.111.111$ kilogrammes d'air $= \frac{1.111.111}{1,30} = 854.700$ mètres cubes d'air à 0° $= 854.700 \times 1,13 = 965.811$ mètres cubes d'air à 35°, c'est-à-dire plus de 11 mètres cubes par seconde.

D'ailleurs, il n'est pas inutile de faire observer ici que presque toute la chaleur développée dans un puits, est employée à échauffer utilement l'air. Il n'en est pas de même dans une cheminée où une partie de la chaleur se transmet à travers les parois à l'atmosphère.

L'appareil propre à échauffer l'air d'une mine à la vapeur, n'occasionnerait pas une grande dépense, puisque je calcule que l'achat et le placement d'un système de tuyaux en fonte qui recevraient la vapeur sortant du cylindre d'une machine, et l'enverraient au fond d'un puits d'aérage de 200 mètres de profondeur, ne reviendraient pas, en Belgique, à plus de 5000 francs. D'ailleurs les tuyaux conservent à peu près la même valeur pendant un grand nombre d'années, et lorsqu'ils ont servi dans un puits, on peut les démonter et les replacer dans un autre; tandis que les puits particuliers pour les foyers intérieurs, les bâtiments de machines aspirantes, les hautes cheminées en maçonnerie, n'ont de durée que celle du siége d'exploitation pour lequel ils ont été construits.

L'on est maître avec cet appareil de chauffage, d'augmenter à volonté le tirage, en projetant dans le puits une plus grande quantité de vapeur; ce qui serait utile surtout en cas d'accident.

Les tuyaux peuvent être montés et démontés en très-peu de temps, en quelques jours; ce qui faciliterait beaucoup les modifications que l'aérage d'une mine pourrait exiger. Si les tuyaux étaient déplacés par une explosion, on les rétablirait en quelques instants. Il peut arriver, dans les mêmes circonstances,

qu'un ventilateur soit mis hors d'usage, pour plusieurs jours et même pour plusieurs semaines.

L'appareil peut être réglé sur l'étendue, l'importance et la durée des travaux ; il n'occasionnera donc pas une dépense hors de proportion avec le but que l'on se propose.

Il n'occupe qu'une très-petite place et peut être établi aussi bien dans un puits d'extraction que dans un puits d'aérage proprement dit. Il a, en outre, l'avantage de ne pas vicier l'air en l'échauffant, et de permettre, par conséquent, aux ouvriers, lorsque la température n'est pas trop élevée, de descendre dans le puits et même d'y travailler.

Lorsqu'il transmet, dans l'intérieur du puits, la vapeur d'une machine d'extraction, il ne donne lieu à aucune dépense.

Enfin le foyer intérieur alimenté par de l'air pur, projette, dans le puits de sortie, cet air qui n'a pas servi à l'assainissement de la mine, et de l'acide carbonique qui augmente le poids spécifique de la colonne d'air ascendante ; une grande partie de la chaleur qu'il développe devient latente dans l'eau qu'il vaporise. C'est précisément le contraire qui arrive, lorsque l'on introduit de la vapeur d'eau dans l'air ; elle y occupe d'abord un certain volume qui devient un vide, lorsqu'elle se condense ; sa chaleur latente devient sensible et augmente la température de l'air ; et la vapeur qui échappe à la condensation, augmente d'une manière extraordinaire, par sa légèreté spécifique, la vitesse du courant.

D'après toutes ces considérations, je crois que l'échauffement de l'air par la vapeur est préférable à tous les autres moyens jusqu'ici connus d'activer la circulation de l'air dans une mine, et je n'hésite pas à dire que, combiné avec une disposition bien entendue des travaux, il rendra presqu'impossibles les explosions de gaz hydrogène carboné dans les mines de houille.

Avant de décrire la disposition générale des travaux préparatoires d'aérage, je m'arrêterai sur quelques faits qui me paraissent avoir été mal expliqués, et qui démontreront de nouveau la nécessité où l'on est d'ouvrir des issues à l'air, vers la partie

supérieure des tailles, et de commencer l'exploitation des couches à grisou, par le haut et en descendant, afin que les ouvriers ne soient pas incommodés par les émanations de gaz provenant des parties inférieures de couches déjà exploitées.

L'on a remarqué que, dans les temps d'orages, et lorsque le baromètre baisse, le dégagement du gaz est plus considérable; mais je crois que, dans ces circonstances, la combustion du foyer étant moins vive, le courant d'air se ralentit et emporte une moindre quantité de gaz; ce qui a fait supposer qu'il se dégageait en plus grande abondance.

C'est surtout dans les mines où il y a d'anciens travaux abandonnés, que cet effet de la diminution de pression atmosphérique se fait sentir; mais ceci tient encore à une autre cause: c'est que les couches ayant été exploitées suivant leur inclinaison et de bas en haut, le gaz hydrogène carboné s'est accumulé dans les tailles, comme dans des espèces de cloches. Lorsque la pression augmente, le volume de gaz diminue, et l'air pur des galeries remplit l'espace qu'il est forcé d'abandonner. Lorsque la pression diminue, le gaz se détend, et vient se répandre dans les galeries où il peut causer les plus grands malheurs. Du reste l'on conçoit que ces variations de température, de pression et d'état hygrométrique de l'atmosphère, peuvent exercer une très-grande influence sur la circulation de l'air dans les mines où le courant est toujours très-faible, et dû aussi à une faible pression.

M. Combes rapporte, dans une des notes additionnelles à son mémoire, un fait dont il a été témoin, à savoir que le gaz se dégagea d'une couche anciennement exploitée, à travers une colonne d'eau de plus de 10 mètres de hauteur, pendant que l'on était occupé à extraire cette eau du puits de Latour, dans la concession de Roche et Firminy (Loire).

Il est très-probable que le gaz hydrogène carboné était renfermé dans la couche, comme l'indique la *fig.* 4, pl. 1; que l'épuisement ayant abaissé la colonne d'eau, et, par conséquent, diminué la pression à laquelle le gaz était primitivement sou-

mis, il se sera successivement détendu, et qu'ayant ainsi atteint la galerie *g*, il aura subitement fait irruption dans le puits.

Dans ce qui va suivre, je supposerai que le siége d'exploitation est isolé et muni d'un puits particulier d'aérage; mais il sera aisé d'étendre le système à plusieurs puits d'extraction, et de faire servir l'un de ces puits à l'aspiration de l'air; la conduite générale de l'aérage restera toujours la même.

Je suppose donc que le puits de sortie de l'air ne serve pas à d'autres usages, qu'il soit situé près du puits d'extraction, et que l'on puisse commencer les travaux d'exploitation, sans craindre une trop grande venue d'eau, à 200 mètres de profondeur, pour les continuer ensuite en descendant, jusqu'à celle de 400 mètres; mais il faut bien faire attention que je ne pose ces conditions que pour fixer les idées et pour donner des exemples; qu'elles sont tout à fait indépendantes du système d'aérage, et qu'il serait même, dans certains cas, plus facile d'adopter ce système, si le puits de sortie de l'air servait, en même temps, à l'extraction de la houille; dans ces conditions, dis-je, je proposerai, conformément aux principes qui ont été exposés précédemment, les dispositions suivantes :

1° J'adopterai pour les puits de descente et de sortie de l'air, et pour les bouveaux d'aérage, une section uniforme, qui, lorsque les travaux devront acquérir quelque développement, ne devra pas être moindre que de 6 mètres carrés.

2° Je creuserai, de prime-abord, les deux puits jusqu'à 200 mètres de profondeur; le puits de descente de l'air ou d'extraction de la houille sera approfondi successivement, au fur et à mesure des besoins de l'exploitation, jusqu'à celle de 400 mètres. Je suppose que l'on divisera le champ d'exploitation inférieur en quatre étages de 50 mètres chacun de hauteur verticale.

3° A partir du pied du puits de sortie, ou à 200 mètres de profondeur, je percerai une galerie à travers bancs du côté où les couches remontent au jour, jusqu'à une distance du puits, de 300 mètres, par exemple. A cette distance, je conti-

nuerai l'approfondissement du puits d'aérage comme celui du puits d'extraction, au fur et à mesure des besoins de l'exploitation. Si la galerie à travers bancs dont il est ici question, et que j'appellerai *bouveau d'aérage*, se dirigeait au nord, par exemple, il serait rarement nécessaire d'en percer une semblable au midi, parce que l'air pourra remonter jusqu'au puits, suivant l'inclinaison des couches. Je me bornerai donc à considérer ici la partie du champ d'exploitation située au nord du puits; celle du midi présentera toujours moins de difficultés.

4° De tous les points où les couches seront recoupées par le bouveau d'aérage, ou par la seconde partie du puits d'aérage, je pratiquerai en descendant, suivant leur inclinaison, des galeries jusqu'au puits d'extraction ou jusqu'au bouveau de traînage, percé à la partie inférieure de l'étage qu'il s'agira d'exploiter.

5° Dans chaque couche, à partir du point où elle sera percée par le bouveau ou par le puits d'aérage, j'établirai successivement en descendant, d'après le système indiqué *fig.* 5, pl. 1, deux tailles, l'une à l'est, l'autre à l'ouest, que je pousserai jusqu'aux limites du champ d'exploitation, et dont la hauteur, la disposition et la forme, varieront suivant la consistance du mur et du toit de la couche, de son épaisseur et de la quantité de gaz hydrogène carboné qu'elle laissera dégager.

6° Les tuyaux de conduite de la vapeur destinée à échauffer l'air, seront placés dans le puits de sortie, depuis la surface jusqu'à la profondeur de 200 mètres. Dans les circonstances ordinaires, la consommation journalière de 500 à 1000 kilogrammes de houille, suffira pour déterminer une circulation convenable d'air dans les travaux.

Je regrette beaucoup de n'avoir pas le temps de démontrer comment mon système d'aérage peut, sans aucune difficulté et sans aucune distinction, s'appliquer à tous les cas particuliers qui se rencontrent dans l'exploitation de nos mines de houille; cependant je donne, à la fin de ce mémoire, trois exemples de la manière dont on devra conduire l'aérage : 1° dans un système

de grandes plateurs peu inclinées (coupe n° 1, pl. 2) ; 2° dans un système de grandes droiteurs ou *dressants* (coupe n° 2, pl. 3) ; 3° et enfin dans les deux systèmes réunis (coupe n° 3, pl. 4) (1).

L'on remarquera : 1° dans la coupe n° 1, qu'il est inutile de percer un bouveau d'aérage au midi, parce que le retour de l'air aura lieu en remontant, suivant l'inclinaison des couches, jusqu'au puits de sortie ; 2° dans la coupe n° 2, que la partie inférieure du puits de sortie, à l'extrémité du bouveau d'aérage, pourra être percée dans le dernier dressant recoupé ; et 3° enfin, dans la coupe n° 3, que l'on pourra profiter des bouveaux de traînage successifs, pour mettre, dans le plan où la coupe est prise, les points de jonction des plateurs et des dressants (les points des *crochons* des couches) en communication avec le bouveau d'aérage ou avec la partie inférieure du puits de sortie.

Si les bouveaux de traînage avaient de grandes dimensions, ils pourraient successivement servir à l'aérage, lorsque l'on porterait l'exploitation à un étage inférieur.

Je crois n'avoir plus que quelques mots à dire pour résoudre complétement la question posée par l'académie.

Une instruction pratique publiée dans le tom. X, 1re série, des *Annales des mines*, indique toutes les précautions que l'on doit prendre dans l'emploi des lampes de sûreté, pour l'éclairage des travaux d'une mine à grisou ; je ne puis donc que m'y référer ; cependant j'ajouterai qu'il ne faut jamais attendre qu'une taille soit pleine de gaz hydrogène carboné, pour faire retirer les ouvriers, puisqu'un courant d'air d'une vitesse de $1^{m},50$ par seconde, qui ferait passer la flamme de la lampe à

(1) Dans les trois exemples, l'air descend par le puits d'extraction, passe dans le bouveau de traînage, où il se divise en autant de branches qu'il y a de tailles en activité, monte au bouveau d'aérage, où il se reforme en un courant unique, et sort de la mine par le puits d'aérage, où il est échauffé et dilaté par le tuyau à vapeur, quand cela est nécessaire.

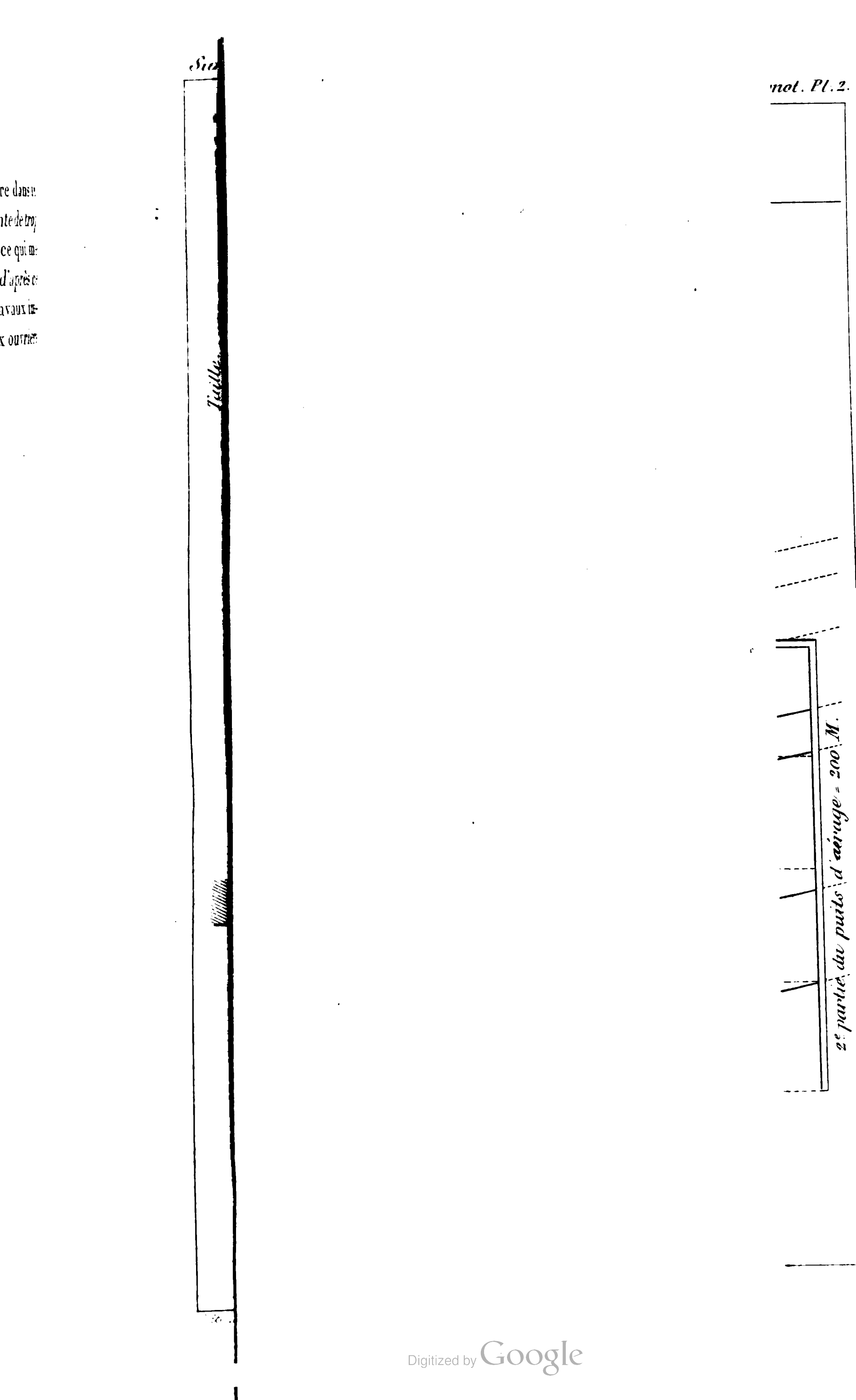
travers la toile métallique, un corps gras comme l'huile, ou quelqu'autre matière combustible qui viendrait se fixer à la toile de la lampe, la rupture de cette lampe par une cause quelconque, et elles sont nombreuses dans les mines, ou enfin la plus légère défectuosité jusque là inaperçue, pourrait communiquer l'inflammation à l'air extérieur, et donner ainsi lieu à une détonation générale.

L'on ne doit donc regarder la lampe de sûreté que comme un moyen de reconnaître l'état de l'aérage d'une mine, et aussitôt qu'elle dénote la présence du gaz à une taille, il faut suspendre immédiatement les travaux jusqu'à ce que l'on ait pu faire disparaître tout danger, en amenant à cette taille une quantité convenable d'air frais.

Les appareils donnés dans l'instruction précitée et dans le dernier mémoire de M. Combes, comme moyen de pénétrer dans des lieux remplis d'air vicié et de gaz méphitiques (je ne tiens pas même compte ici de la dépense ni de la difficulté de les entretenir continuellement en bon état), ne peuvent être d'aucune utilité lorsqu'il s'agit de séjourner longtemps et d'exécuter des travaux considérables dans une mine où l'aérage serait interrompu par suite d'une explosion de grisou; mais je ferai observer que ce qui cause d'abord les coups de feu, et ce qui rend ensuite impossible l'accès des travaux des mines, c'est: 1° l'usage des *kernés*, *royons* ou *goyaux*, conduits verticaux accolés aux puits d'extraction et destinés à ramener l'air vicié au jour; 2° la division, par des cloisons en planches ou en maçonnerie, des bouveaux en deux compartiments destinés, l'un au transport du combustible, l'autre au retour de l'aérage; 3° l'emploi de foyers intérieurs pour échauffer l'air; 4° l'établissement de tailles en forme de cloches, où le gaz s'accumule et d'où il ne peut être expulsé; 5° enfin l'usage de portes, percées ou non d'ouvertures, et destinées à diriger ou à modifier le courant. Une explosion de grisou détruit presque toujours ces cloisons et ces portes d'aérage, interdit l'emploi du foyer, et intercepte ainsi, dans les travaux, toute circulation d'air. Mais

aucune de ces dispositions n'existe et n'est nécessaire dans le système que je propose ; je puis donc dire, sans crainte de trop m'avancer, que si même une détonation éclatait (ce qui me paraît à peu près impossible) dans une mine aérée d'après ce système, rien n'empêcherait de pénétrer dans les travaux immédiatement après l'accident, et de porter secours aux ouvriers qui en auraient été les victimes.

FIN.


not. Pl. 2.
2e partie du puits d'aérage = 200 M.

Surface.

Puits d'extraction et de descente de l'air = 400 M.

1.ère partie du puits d'aérage = 200 M.

Coupe N.° 1.

(Echelle de 1 à 3125 mètres)

Bouveau d'aérage = 300 M.

1.r Etage d'exploitation.

2.e id. id.

3.e id. id.

4.e id. id.

2.e partie du puits d'aérage = 200 M.

Surface.

Puits d'extraction et de descente de l'air - 400 Mètres.

1.e partie du puits d'aérage - 200 M.

Coupe N.o 2.

(Echelle de 1 à 3125 Mètres.)

Bouveau d'aérage = 300 Mètres

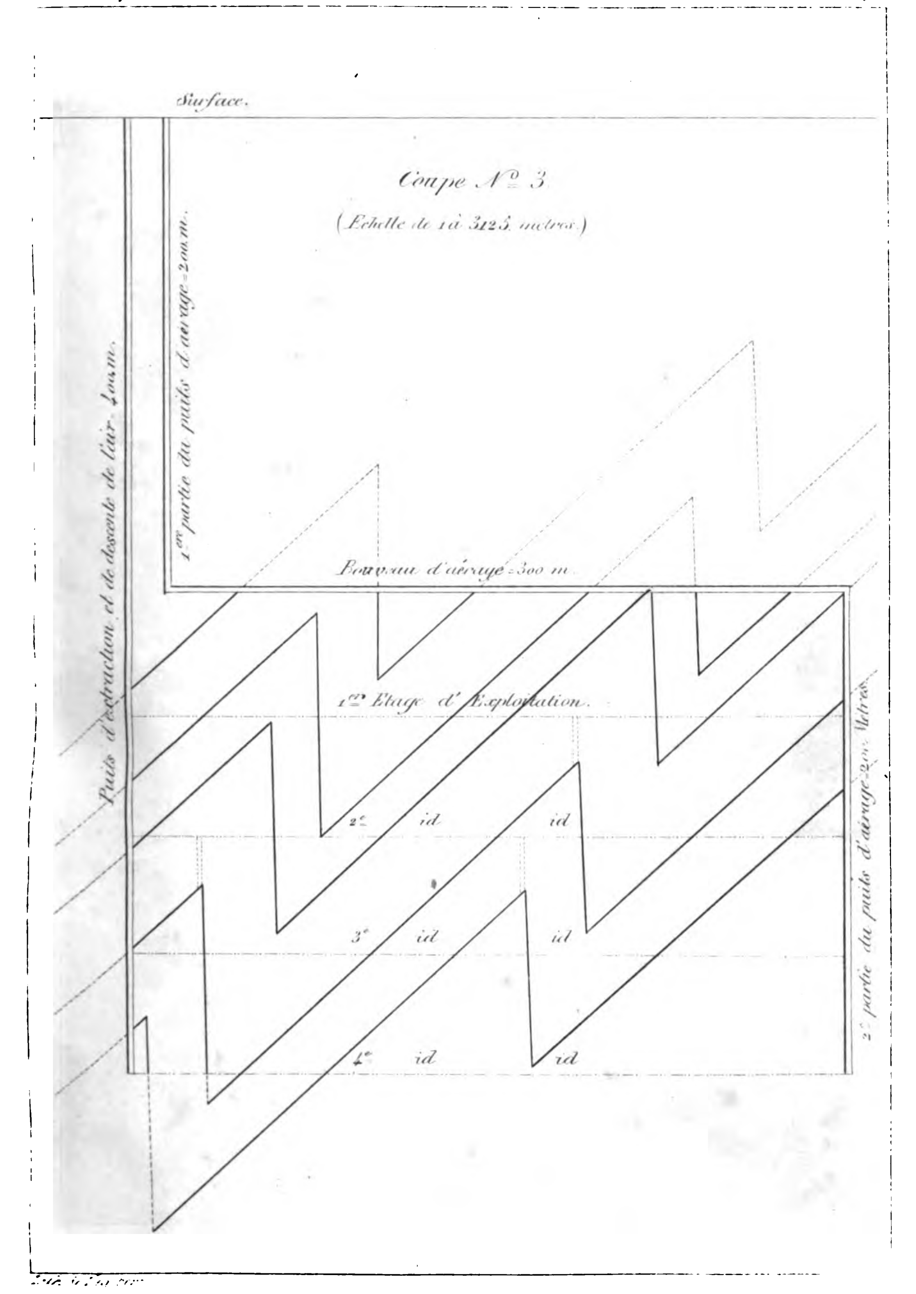
1.er Etage d'exploitation

2.e id. id.

3.e id. id.

4.e id. id.

2.e partie du puits d'aérage = 200 M.


Surface.
Coupe N.o 3
(Echelle de 1 à 3125 mètres.)
Puits d'extraction et de descente de l'air 400m.
1.ère partie du puits d'aérage 200 m.
Bowyau d'aérage 300 m.
1.er Etage d'Exploitation.
2.e id id
3.e id id
4.e id id
2.e partie du puits d'aérage 200 Mètres

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES,

PAR

M. GUSTAVE BISCHOF,

PROFESSEUR DE CHIMIE ET DE TECHNOLOGIE, A L'UNIVERSITÉ DE BONN.

Nisi utile est quod facimus, stulta est gloria.

AVIS.

M. Bischof, pour satisfaire à la condition par suite de laquelle les auteurs qui se font connaître, de quelque manière que ce soit, sont absolument exclus du concours, avait cru devoir laisser en blanc, dans son manuscrit, les noms des mines et des lieux où il a fait ses recherches. On a comblé toutes ces lacunes, au moyen des indications contenues dans le billet cacheté qu'il avait joint à son mémoire.

INTRODUCTION.

Depuis une série d'années, l'explosion des grisoux a occasionné dans les mines de la Belgique et de l'Angleterre, nombre d'accidents qui durent également fixer l'attention et de ceux qui sont excités par l'amour de l'humanité, et de ceux qui s'intéressent aux progrès des sciences naturelles. Me trouvant heureusement dans une position de nature à me faire espérer quelque succès, dans les recherches sur cet objet important, je résolus, il y a déjà plusieurs années, d'essayer mes faibles forces pour le bien-être des humains. Poursuivant le chemin qui seul peut conduire au but, dans les sciences exactes, j'entrepris différents voyages pour me familiariser avec l'ennemi même de l'exploitation de la houille. Il est vrai, ce ne fut pas sans quelque timidité que j'ai mis le pied dans ces endroits dangereux, qui ont englouti déjà la vie de tant d'humains. Néanmoins, j'eus bientôt le courage de marcher sans crainte à la rencontre de cet ennemi, dans les lieux mêmes où il semble, en quelque sorte,

tracer une limite aux entreprises des mortels. Cependant, sans protection de la part de l'autorité, je n'aurais guère obtenu de succès. Je suis donc pénétré des sentiments de la reconnaissance la plus vive, en songeant que, loin de mettre le moindre obstacle à mes recherches, on est venu partout au devant de moi, avec la bienveillance la plus obligeante. J'ai eu le bonheur de trouver des hommes respectables qui, chargés de recherches analogues, m'ont aidé de leurs conseils, et m'ont communiqué sans réserve les résultats de leurs propres travaux.

On verra par ce mémoire quel est le chemin que j'ai suivi dans mes recherches, basées sur la connaissance exacte des propriétés physiques et chimiques des gaz inflammables des mines. Bien qu'il semble qu'un naturaliste, que l'histoire des sciences exactes ne nomme qu'avec la plus grande piété, ait mis un terme à des recherches ultérieures dans ce domaine, je crus néanmoins pouvoir avancer plus loin sur la route qu'il a tracée. L'immortel Davy, le plus grand ornement de l'Angleterre, dans le domaine des sciences naturelles, m'a servi de modèle dans mes recherches faites dans les houillères du continent. Plût à Dieu que du moins on pût dire de moi que j'ai compris le grand maître, et que j'ai tâché de m'approcher de ce modèle autant que mes faibles forces me le permettaient.

Mes recherches ne me semblaient pas encore assez mûres pour être publiées. Je ne les aurais pas rédigées, si l'académie royale, dans son programme pour le concours de 1840, n'avait pas attiré l'attention sur une question qui intéresse à un si haut degré la science et l'humanité; celle de

Rechercher et discuter les moyens de soustraire les travaux d'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion.

J'ai tâché de résoudre cette question aussi bien que le temps me le permettait. Depuis que le programme de l'académie royale m'est parvenu, j'ai encore fait plusieurs voyages à des mines de houille, pour y continuer mes recherches antérieures. Ainsi je ne pus consacrer que peu de temps à la rédaction de ce mémoire.

25 janvier 1840.

TABLE

DES ARTICLES CONTENUS DANS CE MÉMOIRE.

PREMIÈRE PARTIE.

Recherches sur les gaz inflammables des mines.

CHAPITRE PREMIER.

CHAPITRE II.

CHAPITRE III.

Combustibilité et nature détonante des gaz inflammables des mines. — Formation des grisoux. — Moyens de connaître la présence du gaz inflammable dans les mines. — Expériences de M. Humphry Davy et de l'auteur. — Comment les mineurs ont à faire ces expériences. — Moyens d'ôter aux grisoux leur nature destructive, en les mêlant avec de l'air atmosphérique. — Influence des mouvements des ouvriers sur les grisoux.

SECONDE PARTIE.

Résumé des moyens de mettre à l'abri des explosions les ouvriers qui travaillent dans les mines de houille.

CHAPITRE IV.

Moyens d'éloigner des mines les grisoux, aussitôt après leur naissance. — L'aérage le plus parfait de tous les moyens. — Comment, en produisant des mouvements rapides, on disperse les grisoux amassés dans des espaces qui ne prennent pas part à l'aérage. — Effet des soufflets à ventilateur. — L'aérage prenant une direction opposée. — Règlement de l'administration des houillères, dans les provinces occidentales de la Prusse. — Il est difficile de chasser les gaz inflammables des points supérieurs vers les points inférieurs. — Machines propres à introduire de l'air dans les mines. — Tocque-feu et fourneaux d'aérage. — Effet d'un fourneau d'aérage. — Aérage à la houillère de Obernkirchen.

CHAPITRE V.

Moyens de détruire les gaz inflammables des mines, par voie chimique. — Par la combustion. — Effets violents des explosions. — Lampes éternelles. — Combustion des gaz inflammables par l'oxygène en combinaison. — Dégagement de gaz dans les mines. — Effet des grisoux sur la respiration.

CHAPITRE VI.

Moyens de pénétrer au loin, de séjourner, de s'éclairer et d'agir librement dans les galeries souterraines envahies par un air vicié. — Moyens imparfaits dont on se servait antérieurement. — Lampe de sûreté de M. Davy. — Expériences faites avec la lampe de sûreté en Angleterre, en France et en Belgique. — Changements et améliorations qui ont été faits à la lampe de sûreté. — Rapport du comité formé par la chambre des communes, en Angleterre. — Épreuves faites avec les lampes de sûreté dans les mines de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Belgique. — Accidents arrivés dans des mines de la Prusse, malgré l'usage de la lampe de sûreté.

CHAPITRE VII.

Expériences que l'auteur a faites dans les grisoux, avec des tissus de fils et des lampes de sûreté. — Expériences qu'il a faites, à une soufflure, avec des tissus de fil. — Expériences, dans un appareil, faites à la même soufflure. — Répétition de ces expériences, avec 30 lampes différentes. — Expériences dans l'espace d'une mine remplie de grisoux. — Expériences faites sur une échelle bien plus grande, dans une excavation formée artificiellement. — Expériences faites, dans un appareil, à une autre soufflure. — Expériences faites dans une galerie inclinée remplie de grisoux. — Expériences faites, avec les 30 lampes, à une troisième exhalaison de gaz, provenant d'un trou pratiqué dans un puits.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES.

PREMIÈRE PARTIE.

RECHERCHES SUR LES GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

CHAPITRE PREMIER.

DÉGAGEMENT ET FORMATION DES GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

Les gaz inflammables des mines se dégagent, pour la plupart, de la houille elle-même. M. H. Davy (1) remarque, à ce

(1) *Annales de chimie et de physique*, tom. I, p. 138.

sujet, qu'il se produit une petite quantité d'air inflammable, dans les mines, à mesure qu'on les travaille. M. Hodgson lui a dit qu'en pilant du charbon commun de Newcastle, dans un tonneau à ouverture étroite, il avait observé que l'air qui s'échappait par l'orifice était inflammable; et M. Davy s'est assuré qu'en brisant sous l'eau de gros morceaux de charbon, il se dégageait de l'air inflammable.

Cependant, M. Davy dit : « Les grandes sources de l'air inflammable dans les mines proviennent de ce qu'on appelle les soufflures, cellules (*blowers*), d'où sortent des courants d'air inflammable qui, quelquefois, subsistent pendant plusieurs années. M. Louther a eu un de ces courants dans une de ses mines, pendant deux ans et neuf mois. On trouve souvent les vieux ouvrages abandonnés remplis d'air inflammable. »

Dans la galerie de Gerhard, à Louisenthal, près de Saarbrücken (1), se trouve une pareille exhalaison de gaz inflammable. Le gaz sort d'une fissure dans le grès de houille. On connaît cette exhalaison depuis douze ans.

A Wellesweiler, à environ 6 lieues de Saarbrücken, se trouve, dans une vieille galerie abandonnée, une seconde exhalaison de gaz inflammable. On a taillé cette exhalaison, il y a quarante à cinquante ans. En 1816 et 1817, on a entouré d'un entonnoir de cuivre, à tuyau allongé, la fissure qui donne issue au gaz et qui se trouve dans le schiste argileux, au mur de la galerie. A une certaine distance de la soufflure, on a foré jusqu'à 119 pieds; et, à la profondeur de 45 pieds, on a trouvé une couche de houille de 70 à 80 pouces d'épaisseur.

Ces deux soufflures sont les seules que l'on trouve dans les nombreuses mines situées aux environs de Saarbrücken. Et cependant, il y a, en différents points, dans les mines de ces contrées, des grisoux, qui, plus d'une fois, ont occasionné des accidents.

---

(1) *Journ. für prakt. Chemie*, tom. XIV, p. 133.

Dans les mines de Ländchen von der Heide, aux environs d'Aix-la-Chapelle, il n'y a aucune soufflure, et néanmoins il n'est pas rare d'y trouver des grisoux, qui de même ont déjà été la cause de bien des malheurs. Il y a environ vingt ans qu'il s'y est formé une soufflure artificielle, par suite d'un trou qu'on pratiquait vers une galerie qui renfermait une exhalaison de gaz inflammable.

On ne connaît pas non plus les soufflures dans les mines de houille sur la Ruhr, en Westphalie, et cependant on y rencontre des grisoux.

On voit de là que, dans les mines de houille que je viens de citer, ce ne sont pas les soufflures qui produisent les grisoux; car même celles des deux galeries de Louisenthal et de Wellesweiler ne contribuent nullement à la formation des grisoux. Le violent courant d'air dans ces galeries emporte les gaz inflammables, sans le moindre préjudice.

Il serait bien à désirer que tous les gaz inflammables qui se dégagent dans les mines, sortissent de fissures, en forme de semblables soufflures. Ces dégagements de gaz concentrés en un même point, pourraient, dans tous les cas, être éloignés sans crainte d'accident. En effet, s'ils se trouvent, comme dans les endroits nommés ci-dessus, dans des galeries où il y a un violent courant d'air, ils ne méritent aucune attention. Si, au contraire, ils ont lieu dans des endroits où il n'y a pas de passage d'air, on peut les concentrer au moyen d'entonnoirs et les faire passer dans des tuyaux en fer ou en plomb, pour les conduire dans des lieux où le passage de l'air est assez rapide.

En effet, c'est par un appareil semblable qu'on changeait ci-devant le courant du gaz inflammable, dans la saline de Gottesgabe, à Rheine, en Westphalie (1). Le gaz s'échappe d'un vieux puits abandonné, creusé dans le lias; et il sort, selon toute vraisemblance, d'une couche inférieure de houille ou d'une

---

(1) *Poggendorff's Annalen der Physik*, etc., tom. VII, p. 133.

autre matière carbonifère. En 1824, M. Raters, inspecteur des salines, à Rheine, fit encaisser le dégagement et conduisit le gaz au moyen de tuyaux de bois de 1100 pieds de long, jusque dans son habitation, où il l'employa, pendant plusieurs années, à l'éclairage et en guise de combustible, dans sa cuisine.

A Sztalina (1) se trouve une exhalaison de gaz inflammable qui sort d'une mine de sel gemme. Elle n'a, depuis le 18 mars 1826, cessé de donner du gaz que l'on a mis à profit pour l'éclairage de la mine.

Si le gaz qui se dégage des fissures est accompagné d'eau, il vaut mieux se servir d'un appareil analogue à celui que l'on a employé pour utiliser, dans une fabrique, les grandes quantités d'acide carbonique sortant de sources minérales. Les différents canaux dans lesquels l'eau s'élève avec le gaz, furent couverts d'une voûte en pierres (voir *fig.* 1, planche I) fermée hermétiquement, mais qui avait, en *a*, une petite ouverture, devant laquelle on construisit un petit mur *b*, adjacent des deux côtés à la voûte. L'eau, par conséquent, ne pouvait s'élever que jusqu'au niveau *cd*, et devait nécessairement s'écouler par dessus le petit mur *b*. Le gaz acide carbonique, au contraire, se rassemblait au-dessus du niveau *cd*, et s'échappait par le tuyau *ef*.

La vitesse avec laquelle le gaz coule dans le tuyau de conduite dépend naturellement de la pression avec laquelle il est dégagé. Le gaz inflammable qui se dégage de la galerie de Wellesweiler, sort du sol couvert d'eau, à une hauteur de plusieurs pouces. Il peut encore vaincre la pression d'une colonne d'eau haute de 3 pouces. A Rheine, le gaz s'échappait aussi avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Auparavant, lorsqu'on allumait le gaz fourni par le tuyau, il brûlait, par un temps calme, avec une flamme de 3 à 4 pieds de haut. Le robinet restait-il fermé pendant vingt-quatre heures,

(1) *Loco cit.*, tom. VII, p. 131.

la pression devenait telle que le gaz sortait par les pores du bois du tuyau. Si l'on venait alors à allumer le gaz, il donnait une colonne de feu de 10 à 15 pieds de haut, sur 1 ½ de large.

Le gaz inflammable du *Zugo de Klein Saros*, en Transylvanie, et son feu éternel (1) s'échappent avec une telle violence qu'il frappe la main comme ferait un vent assez fort, et qu'il repousse les petits morceaux de papier présentés aux orifices les plus larges. Y verse-t-on de l'eau, le gaz s'échappe alors sous forme de bulles et avec d'autant plus de force que la colonne d'eau qui le comprime est plus haute. Cela prouve qu'il est soumis à une pression supérieure à celle de l'atmosphère, et que, par conséquent, il doit provenir d'espaces souterrains hors de communication avec elle.

Dans la contrée de Marietta, dans les États d'Ohio (2), le gaz inflammable, qui accompagne constamment les sources salées, est l'agent qui fait jaillir l'eau salée hors des profondeurs. Ce fait permet de conclure à l'énorme pression à laquelle est soumis le gaz renfermé dans les espaces souterrains.

On pourrait encore citer nombre d'exemples de gaz inflammables qui se dégagent avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Tel est entre autres le gaz inflammable qui sort, dans plusieurs endroits, d'un ruisseau près de Bedlay, non loin de Glasgow (3), phénomène connu, suivant M. Bald (4), il y a plus de vingt ans.

Mais il y a aussi des cas où le dégagement du gaz inflammable a lieu sans pression, où il est, par conséquent, comprimé par une colonne d'eau, quelque petite qu'elle soit.

C'est ce qu'on voit dans la galerie de Gerhard. Le gaz ici ne sort pas de l'eau, mais latéralement, d'une fissure à 7 pieds en-

---

(1) *Annalen der Physik*, par M. Gilbert, tom. XXXVII, p. 1.

(2) *Annalen der Physik*, par M. Poggendorff, tom. XVIII, p. 603.

(3) Th. Thomson, dans le *Edinb. Journ. of sc., july* 1829, p. 67.

(4) *Loco cit.*, p. 71.

viron au-dessus du sol. Il est très-probable que ses ramifications se prolongent jusqu'au jour. Un obstacle apporté au dégagement du gaz dans la galerie, savoir la pression d'une colonne d'eau dans la cuve pneumatique, doit, par conséquent, déterminer le gaz à se chercher une autre issue. Il est possible que, par un temps de pluies continuelles, lorsque les trous qui arrivent au jour sont bouchés par l'eau, le gaz s'échappe dans la galerie sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère.

Même dans le cas où le gaz se dégage sans pression, il peut pourtant se mouvoir dans les tuyaux, s'il n'y a pas d'obstacle qui l'arrête dans son passage. C'est pourquoi il faut prendre soin que l'eau ne puisse s'assembler nulle part dans les tuyaux. A cet effet, il faut qu'ils ne forment nulle part de courbure dont la convexité regarde en bas; ils doivent être couchés horizontalement ou dans un plan incliné. Dans le premier cas, il se condenserait sensiblement de l'eau dans la courbure, puisque le gaz qui se dégage est saturé de vapeurs d'eau.

Si les tuyaux destinés à éloigner les gaz inflammables des soufflures ont une position ascendante, le gaz, par sa pesanteur spécifique, s'élèvera de lui-même.

Si, malgré ces précautions, une circonstance quelconque entravait le passage du gaz et le répandait en partie dans la mine, il faudrait adapter, à un endroit convenable, par exemple, à l'extrémité des tuyaux conducteurs, une pompe aspirante ou un soufflet ordinaire (1).

---

(1) Il est de fait que, depuis longtemps, on emploie dans les mines des appareils analogues pour produire des courants d'air. Dans les mines de houille de Rive-de-Gier du département de la Loire, par exemple, on opère un aérage artificiel en employant des soufflets de forge mus par un homme; l'air des soufflets est poussé dans la mine et conduit dans des tuyaux de bois de pin, percés d'un trou circulaire de 16 centimètres de diamètre. On a aussi fait usage de soufflets à piston mus par un cheval ou par la machine à vapeur servant à l'extraction. Ces moyens, qui ne produisent que des effets médiocres pour ce but, peuvent servir certainement très-bien pour le transport des mofettes inflammables. (Voy. *Annales des mines,* tom. 1, p. 129.)

Il est évident qu'un tel soufflet absorbe encore une plus grande quantité de gaz, et l'extrait d'autres canaux dont le gaz se répand dans la mine. Il y a aussi de ces soufflets d'une construction toute simple dans la fabrique citée ci-dessus, où l'on utilise le gaz acide carbonique sortant de la terre. On voit distinctement plusieurs exhalaisons de gaz peu considérables disparaître dans les environs, dès que les soufflets commencent à être en activité.

D'après les observations de M. John Buddle (1), le dégagement des gaz inflammables dans les mines serait en rapport avec la hauteur du baromètre : lorsqu'elle est petite, ce dégagement serait très-considérable ; lorsqu'elle est grande, il serait à peine sensible. D'après M. Buddle, la cause en est évidente. Si la pression de l'atmosphère est égale à celle du gaz inflammable qui se trouve renfermé dans les pores ou dans les fentes, les deux fluides élastiques se font équilibre. Que si la densité de l'atmosphère diminue, l'équilibre est troublé, la pression du gaz l'emporte et il s'échappe.

Cette explication paraît très-vraisemblable ; cependant nous allons examiner la chose de plus près.

Chaque gaz qui, par une cause quelconque, est produit dans des substances solides ou liquides, se dégage au moment où sa pression est au moins égale à celle de l'air ambiant. La force de ces formations de gaz est très-grande ; car, si elles ont lieu dans des espaces clos, elles continuent, pour la plupart, même lorsqu'elles ont à vaincre une pression de plusieurs atmosphères. C'est ainsi que l'on trouve, dans des couches de houille ou aussi dans les roches avoisinantes des cavités fermées de toutes parts (nommées *bags of foulness* par les mineurs anglais), remplies de gaz inflammable comprimé, qui s'échappe tout à coup, lorsque ces cavités viennent à être ouvertes, par suite de l'ex-

(1) *Compt. rend.* 1836, tom. I, p. 523.

ploitation de la houille. M. Buddle (1) attribue un malheur arrivé dans la mine de *Jarrow* à une cavité analogue remplie de gaz inflammable comprimé, et qui a éclaté d'elle-même. M. Combes (2) rapporte que, dans une mine de houille, près de Firmini, dans le département de la Loire, on entendait du gaz inflammable se dégager avec un grand bruit, après avoir passé par une colonne d'eau haute de 12 mètres; il ajoute que ce dégagement de gaz continuait, pendant plusieurs mois de suite, sans interruption et sans perdre de sa force. La pression avec laquelle ce gaz se dégageait devait, par conséquent, être supérieure à celle de deux atmosphères. Dans ce qui précède, j'ai cité également plusieurs exemples de gaz inflammables qui se dégagent avec une pression plus ou moins considérable.

Il résulte de tous ces faits que les changements dans la pression atmosphérique ne sauraient avoir une influence marquée sur le dégagement des gaz inflammables dans les mines. Il est facile de s'imaginer ce qui arrivera, si, pendant ce dégagement, la pression atmosphérique vient à changer. Supposons que la hauteur du baromètre soit de 28 pouces, au moment où il se dégage du gaz, par exemple, dans une fissure, et que, peu de temps après, elle soit de 28,5 pouces, la pression atmosphérique augmente, dans ce cas, de $\frac{1}{56}$. Si, auparavant, à la hauteur barométrique de 28 pouces, il se formait une bulle de gaz, elle devait se dégager dès qu'elle avait atteint la même pression. Mais une telle bulle ne peut pas se dégager à la hauteur barométrique de 28,5; il faut, à cet effet, que sa pression augmente de $\frac{1}{56}$. Comme ce dégagement, d'après ce que nous avons vu plus haut, ne peut pas être limité, même par la pression de deux atmosphères, l'augmentation de la pression atmosphérique n'exige que plus de temps pour que le dégagement ait lieu. D'après une supposition qui ne s'éloigne pas beaucoup de

(1) *Annal.* par M. Poggendorff, tom. XXXVIII, p. 621.
(2) *Compt. rend.,* 1836, tom. I, p. 509.

la vérité, on peut admettre qu'il faut maintenant pour le dégagement $\frac{1}{56}$ de fois plus de temps que dans le premier cas. Ou, en d'autres mots, à la hauteur barométrique de 28,5 pouces, il se dégagera à peu près $\frac{1}{56}$ de fois de moins de gaz qu'à la hauteur de 28 pouces. Le dégagement du gaz augmentera dans le même rapport, si, réciproquement, le baromètre tombe de 28 pouces à 27,5. Cette augmentation ou cette diminution dans le dégagement du gaz est si petite, qu'elle peut à peine être remarquée, même lorsque nous admettons que le baromètre monte ou descend subitement de 0,5 de pouce. Ces considérations, tout à fait simples, prouvent du moins que, si le baromètre monte, il n'est pas possible que le dégagement du gaz cesse tout à coup.

M. Buddle a été sans doute conduit à sa supposition erronée, en se figurant seulement que le gaz préexistait dans les pores ou dans les fentes de la houille, et en oubliant que le dégagement du gaz continue d'avoir lieu, et que, comme il le dit lui-même, le gaz peut être soumis à une forte compression dans les espaces clos.

Si, d'un autre côté, il est certain que l'on peut présumer la formation de grisoux, dans les mines de houille, plutôt lorsque la hauteur du baromètre est peu considérable que dans le cas contraire, il s'agit de rechercher la véritable cause de ce phénomène. Il est de fait que le changement de l'état barométrique est accompagné ordinairement d'un changement de temps et de température. De même, on sait que l'aérage dans les mines dépend le plus du temps qu'il fait et de la température. Plus la différence entre la température de l'atmosphère et celle de l'air des mines est considérable, plus le passage de l'air est facile. De là il arrive que l'aérage est le plus complet, lorsqu'il fait bien chaud ou bien froid au dehors; dans ce cas, la hauteur du baromètre est, la plupart du temps, considérable. Ainsi, ce n'est pas la grande hauteur barométrique qui limite, d'une manière sensible, le dégagement des gaz inflammables, mais c'est le bon passage de l'air, qui éloigne tout de suite de la mine

les gaz inflammables qui se dégagent, et qui, de cette manière, rend impossible la formation des grisoux.

D'un autre côté, lorsque l'état barométrique est peu considérable, le temps est ordinairement humide, et il y a, pendant le jour et pendant la nuit, une température à peu près égale. La différence entre la température de l'atmosphère et celle de l'air dans la mine est alors très-petite. Le passage de l'air est difficile, les gaz inflammables qui se dégagent ne sont pas éloignés; ils s'accumulent et donnent par là naissance à la formation de grisoux. Il y a encore une autre circonstance que l'on ne doit point perdre de vue, parce qu'elle influe beaucoup sur la formation des grisoux; j'en ai déjà parlé plus haut. Dans la saison humide, toutes les fissures, dans les roches qui couvrent les couches de houille, sont remplies d'eau. Ainsi des gaz qui, dans la saison sèche, sortent par ces fissures vides d'eau, sans laisser de trace, sont retenus, dans l'autre cas, et forcés de chercher d'autres issues. Il peut donc arriver que du gaz inflammable qui, à cause de son peu de pesanteur spécifique, aime à s'échapper par la partie supérieure, soit en quelque sorte poussé dans les espaces souterrains d'une mine, par les colonnes d'eau qui se trouvent dans les fissures.

Pour ce qui concerne les exhalaisons d'acide carbonique, M. Bischof (1) a déjà rendu attentif à la circonstance en question. Il a trouvé que, par des tuyaux qui communiquaient avec des sources minérales dont les parois étaient fermées hermétiquement, il ne sortait pas de gaz acide carbonique, pendant un temps continuellement sec, ce qui arrivait néanmoins après des pluies continuelles.

Il cite encore d'autres observations qui ont donné le même résultat, et qui prouvent que le dégagement des gaz dans les sources minérales est plus considérable lorsque le sol est gelé. Tout ce qui est dit relativement à ces dégagements de gaz s'ap-

---

(1) *Journal für praktische chemie*, tom. I, pag. 327.

plique en général aussi aux dégagements des gaz inflammables (1). Il se peut donc que, pendant le temps de gelée, les dégagements dans les mines soient plus fréquents que dans d'autres circonstances. Mais, comme il y a ordinairement un bon courant d'air dans les mines, lorsqu'il fait froid au dehors, il est possible que ce dégagement plus considérable ne soit pas remarqué.

Dans les journaux français où les expériences de M. Buddle sont communiquées, on remarque (c'est probablement M. Arago qui parle) qu'on n'a pas l'intention d'examiner si les changements dans la pression atmosphérique peuvent produire un changement dans le dégagement des gaz inflammables des mines, mais qu'on veut seulement attirer l'attention des propriétaires de mines sur cet objet, et indiquer les jours où ils doivent redoubler d'attention dans les travaux malheureux.

Il est à peine admissible qu'un propriétaire de mines quelconque n'ait pas remarqué qu'il faut redoubler de précaution, si l'aérage est interrompu. Je crois avoir prouvé, par des raisons suffisantes, qu'une telle interruption du courant d'air n'a lieu que lorsque le temps vient à changer, mais que ce ne sont nullement les changements de la pression atmosphérique qui produisent un changement dans le dégagement de gaz souterrains.

Les fissures (soufflures), d'où se dégage le gaz inflammable, sont pour la plupart répandues par toute la formation houillère, et communiquent vraisemblablement avec des fentes formées par dislocations. Elles reçoivent le gaz qui se dégage de la houille des différentes couches entrecoupées. De là on se rend aisément compte des immenses quantités de gaz qui sortent d'une telle fissure.

La température du gaz nous fournit le moyen d'évaluer approximativement la profondeur d'où il sort.

---

(1) Voyez aussi *Annalen*, par Gilbert, tom. LII, pag. 346.

En exposant pendant longtemps la boule d'un thermomètre sensible au courant de gaz qui se dégage dans la galerie de Gerhard, à Louisenthal, près de Saarbrücken, je trouvai que la température était de 13°,2 centigrades. En exposant le même thermomètre dans un trou percé avec le foret, à une profondeur de huit pouces, dans la roche, près de la fissure, je trouvai par trois observations faites le matin, à midi et le soir, une température de 12°,6 C.

Si l'on admet que le gaz ait la véritable température du lieu d'où il se dégage, que la température moyenne de la surface du sol, à Saarbrücken, soit de 9°,7, et qu'enfin, dans l'intérieur de la terre, l'augmentation de température soit 1° C. (1) pour 92 pieds, il s'ensuit que le gaz arriverait d'une profondeur de 322 pieds. La fissure dans la galerie d'où il s'échappe est à 210 pieds de profondeur au-dessous du sol; d'après ces suppositions, le gaz viendrait donc d'une profondeur de 112 pieds au-dessous de la galerie. Mais on peut admettre avec vraisemblance qu'il est exposé, sur son passage, à des influences qui le refroidissent, puisqu'il traverse des couches plus froides, où il rencontre des eaux plus froides également. D'un autre côté, il se peut que le gaz se dégage de la houille, avec une température supérieure à celle de la houille elle-même; car il est connu que, la plupart du temps, il se développe de la chaleur lorsque, par un procédé chimique quelconque, un dégagement de gaz a

---

(1) *Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers*, etc., par M. Bischof; Leipsig, 1837, pag. 254. Le lieu d'où le gaz se dégage se trouve nécessairement à une profondeur où proprement aucune variation de température ne peut plus avoir lieu. Mais la communication d'air entre la galerie et l'atmosphère extérieure a pour effet indubitable de faire partager à la roche, jusqu'à la profondeur de plusieurs pieds, les variations de température de l'air extérieur. Or, le 30 septembre, époque à laquelle on a fait ces observations, la température de la surface du sol est de quelques degrés supérieure à la température moyenne du lieu; ainsi celle de 12°,6 observée pour la roche, était nécessairement aussi au-dessus de la moyenne.

lieu. La température primitive du gaz de la mine peut donc être supérieure à 13°,2, et il peut venir par conséquent d'une plus grande profondeur.

La température d'un autre gaz qui se dégage dans la galerie de Wellesweiler, à environ 6 lieues de Saarbrücken, était de 12°,56 C., et celle de la roche de 10°,88. En faisant toujours les mêmes suppositions, le gaz viendrait au moins d'une profondeur de 155 pieds. Du reste, je dois faire ici les mêmes remarques que celles que j'ai déjà faites, et il est par conséquent à présumer que la profondeur réelle est plus considérable.

A une certaine distance de cette soufflure, on a foré jusqu'à 119 pieds, et on a trouvé, à la profondeur de 45 pieds, une couche de houille de 70 à 80 pouces d'épaisseur. Mais il est très-probable qu'il y ait des couches de houille à une profondeur plus grande, qui occasionnent ces dégagements du gaz inflammable.

Il serait important de saisir toutes les occasions possibles pour déterminer la température du gaz qui s'échappe d'autres soufflures. La puissance de plusieurs terrains houillers étant, en beaucoup d'endroits, très-considérable, il est à présumer que plusieurs de ces exhalaisons de gaz auront une température assez élevée (1).

M. Eaton (2) cite trois endroits différents, au sud du canal de l'Érie, où l'hydrogène carboné se dégage du sol; il provient

---

(1) D'après M. Bald (*London and Paris Observer*, 1828, 10 février), la formation houillère, à Dalkeith et à Ost-Lothican, peut avoir la puissance de 3000 pieds, et les couches de houille peuvent être éloignées l'une de l'autre d'environ 550 pieds. D'après MM. d'Oeynhausen et de Dechen (*Archiv. für Bergbau*, etc., tom. X, pag., 115), la couche de houille la plus inférieure, nommée l'*Oliphan*, se trouve à 3650 pieds de profondeur au-dessous du sommet du Mont St-Gilles, près de Liége, et la profondeur la plus grande de la formation houillère de Mons est même de 5500 pieds au-dessous de la surface (tom. X, pag. 159).

(2) *Journal*, par M. Silliman. Vol. XV, pag. 237.

d'une couche de sel gemme sous laquelle se trouve une couche de houille très-étendue, de 600 pieds d'épaisseur. Il est probable que ce gaz a une température assez élevée.

J'entre peut être, à ce sujet, dans trop de détails, remarquables plutôt sous le rapport théorique que pratique. Je veux faire voir par là quelle est l'importance de ces exhalaisons de gaz inflammable. En effet, plus on reconnaîtra de ces phénomènes de la nature, soit par des faits positifs, soit par des conclusions vraisemblables, plus on aura lieu d'espérer de trouver les moyens capables de remédier à leurs effets destructeurs.

Si les dégagements de gaz inflammable sont produits par l'eau qui s'associe à des houilles, ils le seront également par les mêmes dispositions de roches qui donnent naissance aux sources thermales. M. Bischof (1) a montré que les dispositions les plus favorables à l'origine des sources thermales sont celles où des terrains stratifiés ont été percés par des roches ignées. Dans ce cas, la contraction des masses épanchées, résultat nécessaire de leur refroidissement, dut produire, entre les terrains stratifiés et non stratifiés, des canaux qui s'étendaient jusqu'à des profondeurs considérables. On conçoit de là que les sources thermales se rencontrent principalement entre les limites des roches stratifiées et non stratifiées. Cette assertion est prouvée par nombre d'exemples, dans les Pyrénées, dans les Alpes et dans d'autres montagnes. De même, on conçoit aisément que les eaux météoriques ne manqueront pas de pénétrer dans le terrain houiller par les canaux qui se formaient par suite de la rupture produite par les roches ignées. Si, ce qui a lieu le plus souvent, les couches du terrain houiller ont été élevées par là, les eaux pouvaient y pénétrer avec d'autant plus de facilité et donner naissance aux gaz inflammables.

---

(1) *Edinb. Philos. Journ.*, par M. Jameson, 1839, *January and March. Farther reasons in support of the hypothesis which attributes volcanic phenomena*, etc.

Si ces canaux sont tout à fait remplis d'eau, les gaz qui se dégagent sont soumis à une pression hydrostatique plus au moins considérable, et restent enfermés dans un état de compression. Si, par suite de l'exploitation des mines, ces espaces fermés de toutes parts viennent à être ouverts, les gaz s'échappent avec violence, et occasionnent les malheurs qui sont si fréquents dans les mines de houille. Si, au contraire, les canaux ne sont pas tout à fait remplis d'eau, les gaz inflammables qui se sont formés s'en échappent, sans laisser de trace. Il est donc facile de concevoir que, dans l'un ou dans l'autre cas, les gaz inflammables restent enfermés ou s'échappent par les canaux formés entre les roches stratifiées et non stratifiées. Selon les diverses circonstances, surtout suivant les saisons, quand les eaux météoriques pénètrent plus ou moins dans les canaux, l'un ou l'autre cas peut même se présenter dans la même localité. De même les dispositions primitives peuvent être modifiées plus ou moins par l'exploitation des mines.

Si nous envisageons les diverses circonstances qui influent sur la formation, l'accumulation et l'éloignement des gaz inflammables, nous pouvons dire, avec certitude, que des roches ignées ou, en général, des roches soulevées qui ont pénétré à travers le terrain houiller, sont en rapport avec les gaz qui se dégagent dans l'intérieur de la terre, mais qu'elles peuvent ou les accumuler ou les éloigner.

A l'appui de ce que j'ai avancé, je citerai les phénomènes suivants : Dans les lieux d'un terrain houiller, par exemple, dans le voisinage de Mons (1), où se présentent des crains, les eaux sont, pour la plupart, les plus abondantes. Dans le terrain houiller de Waldenburg, en Silésie, on ne rencontre, pour la plupart, selon M. Erdmenger (2), les gaz inflammables que dans les couches de houille dont le toit consiste en un grès

---

(1) D'Oeynhausen et de Dechen, *loco cit.*, pag. 169.

(2) *Journal für technische Chemie*, tom. XV, pag. 212.

solide et plein de fentes, et qui avoisinent le porphyre. D'après M. Bald (1), il y a souvent des explosions de gaz inflammables dangereuses dans les mines situées sur les fleuves de Tyne et de Wear, dans l'Angleterre septentrionale, où les lits de houille sont traversés par une petite faille, par un resserrement ou par la rencontre d'une grande faille ou *dyke* (2). Si les roches sont taillées, les gaz s'élancent avec une force et un bruit extraordinaire : phénomène qui dure souvent plusieurs années de suite. Des couches de houille qui n'exhalent jamais de gaz le laissent quelquefois s'échapper dans le voisinage de tels crains Quand bien même on ne rencontre pas toujours des cavités de gaz proprement dites, on peut être sûr de s'approcher de crains, lorsque les dégagements de gaz sont plus abondants, et que la houille commence à devenir cassante (3).

En continuant à exploiter une mine, à Preston Island, non loin de Culrass, on vit des éruptions de gaz intéressantes. Les roches étaient pleines de fentes; avant qu'on pénétrât jusqu'à la houille, le gaz s'échappa des fentes et à travers des couches de grès; l'eau, dans la mine, bouillonnait; la houille était toute remplie de gaz inflammable. En faisant des trous avec le foret, pour trouver des houilles, on a remarqué plus d'une fois, pendant des années entières, de ces exhalaisons de gaz continuelles. Non loin de Glasgow, la flamme allumée du gaz qui s'échappait, lors d'un travail analogue, avait une hauteur de 10 pieds. Dans le terrain houiller de l'Écosse, on rencontre fréquemment des éruptions de gaz, dans les endroits où le *grünstein* se trouve répandu en couches, tandis que, dans ceux où cette roche ignée forme des masses perpendiculaires ou dykes, on n'en rencontre pas de trace. On conçoit que, dans ce cas, les couches qui cou-

---

(1) *Loco cit.*

(2) D'après M. Buddle (*Poggendorf Annal.*, tom. XXXVIII, pag. 621). on rencontre aussi, dans ces lieux, des cavités remplies de gaz inflammables.

(3) *Idem*, pag. 622.

vrent le grünstein entravent le dégagement du gaz, tandis que les dykes de grünstein le favorisent.

Si, entre les couches de houille d'un terrain houiller, il y a des roches imperméables à l'eau, les gaz inflammables ne peuvent pas sortir des couches inférieures. Si les couches sont horizontales, l'eau ne saurait pas même pénétrer sous l'une quelconque d'entre elles, attendu qu'elles ne lui donnent pas passage; Il ne peut pas, par conséquent, se former de gaz inflammable. Mais, si les couches sont inclinées, l'eau des points supérieurs peut y entrer et donner naissance à la formation de gaz inflammables. Ces gaz ne sauraient s'échapper perpendiculairement: ils sortiront par la même issue par où l'eau est entrée. D'où il arrive que ces exhalaisons de gaz n'ont ordinairement aucune influence préjudiciable dans les mines de houille. Il est évident, du reste, que ce que je viens d'avancer n'a lieu que dans les endroits où il n'y a pas de crains ou failles, puisque, dans ce cas, il arrive ce que j'ai dit plus haut.

Si, dans l'exploitation des mines de houille, on trouve de ces couches imperméables à l'eau, non interrompues par des crains ou failles, les gaz inflammables ne peuvent prendre naissance qu'au-dessus d'elles.

Si l'on voulait essayer de concentrer ces gaz dans des trous percés avec le foret, il ne faudrait forer que jusqu'aux couches imperméables. Aussi a-t-on soin, dans l'exploitation des mines, de percer le moins possible ces couches, pour que l'eau puisse y rester. Dans le terrain houiller près d'Aix-la-chapelle, on nomme ces couche *mauerlage*. Si elles restent intactes, il ne peut pas se former de gaz inflammables.

Mais si, par suite du travail continuel dans les mines, ces couches imperméables ont été percées par des puits, les eaux externes pénètrent sous elles et peuvent y produire des gaz inflammables. Il est possible que les dégagements de gaz, qui ont lieu dans le toit des galeries, soient dépendants de ces circonstances. Du moins on peut faire la supposition certaine que le gaz continuera de s'élever, jusqu'à ce qu'il trouve quel-

que obstacle, c'est-à-dire une couche qui ne donne pas passage à l'eau.

Dans ce cas, il serait bon de faire des trous avec le foret dans de vieux ouvrages abandonnés, pour donner issue au gaz dans la partie supérieure (1). Il est vrai qu'on ne peut faire usage de ce moyen que lorsque ces vieux ouvrages ne sont pas remplis d'eau (2).

Ce qui vient d'être dit, relativement au dégagement du gaz dans le toit, s'applique aussi au mur. Ici, comme dans le cas précédent, le gaz ne peut sortir que d'une profondeur égale à celle où se trouve la couche suivante imperméable.

On comprend que, dans ces cas, il ne peut pas se former de soufflures. Le gaz qui prend naissance, tant dans la houille que dans les roches ambiantes, se dégage en forme de bulles du mur, du toit et des parois.

Les mines sont-elles humides, on est averti du dégagement par un bruit particulier, tout à fait semblable à celui que pro-

---

(1) Voy. M. Combes, dans les *Annalen der Physik*, par M. Poggendorf, t. XXXVIII, pag. 622.

(2) C'est ce qui a lieu entre autres dans l'exploitation des mines aux environs de Liége. La méthode d'exploitation défectueuse qu'on y suivait autrefois a donné naissance à beaucoup de bains d'eau (baignes d'eau, mer d'eau) dans les vieux travaux (Heron de Villefosse, *De la richesse minérale*, t. II, pag. 493; d'Ocynhausen et de Dechen, *loco cit.*, pag. 124, 129 et 131). Dans ces mines, le danger de ces bains d'eau est souvent si imminent, qu'il n'y a presque pas de taille (voie) qu'on exploite sans l'essayer d'abord par le sondage (pareusage). Maintenant on y a coutume d'exploiter d'abord les couches du mur (deille) pour qu'il ne puisse pas se former de ces bains d'eau; cette règle cependant ne peut pas être généralement observée. Dans le terrain houiller aux environs de Mons, il ne se trouve pas de tels bains d'eau au-dessus des lieux où l'on exploite à présent (*loco cit.*, pag. 173). Mais, dans le district des mines sur la Worm, les bains d'eau sont très-dangereux, et par rapport à cela, l'administration des mines de la Prusse rhénane a donné des règlements de police bien détaillés sur les sondages à faire en avançant dans les travaux.

duirait un grand nombre d'écrevisses. On voit aussi des bulles qui, en crevant, produisent ce bruit, et que l'on peut quelquefois enflammer, à l'aide de la lampe.

Peu importe que ces exhalaisons aient lieu dans le toit ou dans le mur des galeries, pourvu que les localités permettent de percer de haut en bas vers le toit. Les gaz inflammables, dont le poids spécifique est moindre que celui de l'air atmosphérique, s'échapperont toujours par ces trous. Si les gaz proviennent du mur, et qu'il ne soit pas possible de pratiquer par en haut des trous vers le toit, on pourrait peut-être concentrer les exhalaisons répandues sur une surface plus ou moins considérable, dans des trous isolés qui s'étendent jusqu'à la couche imperméable la plus voisine. Peut-être en résulterait-il des soufflures artificielles : les exhalaisons de gaz, réunies dans un ou dans plusieurs trous, pourraient alors être éloignées sans danger, aussi bien que les soufflures naturelles.

Plusieurs exemples prouvent que des trous peuvent donner lieu à des soufflures artificielles. A Rocky-Hill, aux bords de l'Ohio (1), on était, en creusant un puits destiné à amener du sel, arrivé à une profondeur de 197 pieds, lorsque tout à coup les tirants s'éboulèrent dans une crevasse; et, à l'instant, on obtint un jet d'eau salée qui dura plusieurs heures. Puis, pendant un temps assez long, il se dégagea du gaz inflammable en grande quantité.

A Little Muskingum, situé à 12 lieues anglaises de Marietta, dans les États d'Ohio (2), se trouve un puits de 400 pieds de profondeur qui amène à la surface, outre l'eau, une très-grande quantité de pétrole. Il est soumis à de terribles éruptions de gaz, qui lancent toute l'eau hors du puits; et, pendant plusieurs jours, il n'en sort plus que des substances gazeuses.

La Chine présente aussi des phénomènes semblables (1). La

(1) *Edinb. Journ.*, vol. X, pag. 186.
(2) *Silliman Journ.*, vol. X, pag. 5.
(3) *Bibliothèque universelle*, tom. XL, pag. 318.

plupart des puits qui y sont creusés fournissent, outre l'eau salée, du gaz inflammable. Quelques-uns même ne sont utilisés que sous ce dernier rapport ; ils en dégagent une telle quantité, qu'on le fait servir non-seulement à l'évaporation des eaux salées, mais encore au chauffage et à l'éclairage des salines. Il y a des puits qui, lorsqu'on enflamme, par hasard ou à dessein, le gaz qui s'en échappe, présentent une colonne de feu de 30 pieds de hauteur. En creusant un de ces puits, on était arrivé à une profondeur de 3000 pieds; il en sortit une colonne de gaz inflammable chargée de particules noires, avec un bruit qui se fit entendre au loin. Ici, comme dans les autres endroits, le gaz paraît venir du terrain houiller; car, en creusant, on est souvent arrivé à des couches de houille.

C'est, en général, une circonstance très-remarquable qu'on rencontre si souvent des gaz inflammables dans le terrain salifère (1).

A Gajarino, près de Conegliano, gouvernement de Trieste (2), où M. le comte di Porcia fit chercher un fontainier sondeur, avait lieu un dégagement de gaz qui sortait du puits, d'une profondeur de 76 pieds, avec une certaine force. En approchant une lumière de l'ouverture du tube, aussitôt le gaz s'embrasa avec violence, en formant une flamme de plus de 2 mètres de hauteur sur le tuyau. Cette flamme brûla avec vivacité, pendant quelques minutes, puis elle diminua peu à peu et s'éteignit ; alors le bruit cessa dans les tuyaux. Trois jours plus tard, M. le comte di Porcia fit manœuvrer la sonde au fond de la masse d'argile (le puits avait alors 46 mètres de profondeur), et lorsqu'on l'enleva, il surgit tout d'un coup, avec une extrême violence, à plus de 10 mètres de hauteur, une flamme de plus de 2 mètres de largeur, avec un mélange d'eau, de sable, de

---

(1) *Mém. sur la mine de sel de Wielizka*, par Guettard.—*Mém. de l'Acad.*, 1762, pag. 512. — *Essai sur les manufactures de l'empire d'Autriche*, tom. II, pag. 374.

(2) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. LIII, pag. 208.

gravier et d'argile. Le cône de feu resta à la hauteur de 10 mètres pendant plus d'un quart d'heure, mais la flamme s'abaissa peu à peu. Cependant elle dura encore plus de deux heures, à 2 mètres au-dessus du tuyau, avec un éclat des plus vifs et des plus brillants.

Ce gaz consistait en hydrogène sulfuré, et peut-être protocarburé, dit M. di Porcia. D'après une communication de ces observations, dans le *Journal* de Baumgärtner, t. II, p. 284, et dans l'*Institut*, n° IX, p. 66, ce gaz consiste en hydrogène protocarboné mélangé avec de l'hydrogène sulfuré. La circonstance que le gaz brûla avec un éclat si vif et si brillant, permet de supposer qu'il consiste, pour la plupart, en hydrogène protocarboné, peut-être mélangé avec un peu de gaz oléfiant et d'hydrogène sulfuré. Dans ce cas, ce serait un véritable gaz des mines ou des marais.

M. Héricart de Thury ajoute (1) que le dégagement du gaz, dans les puits forés, n'est pas un fait nouveau. La présence du gaz hydrogène sulfuré a été fréquemment constatée dans les puits artésiens faits aux environs de Paris et en d'autres lieux. Le puits artésien qui fut essayé à Cormeilles présenta un dégagement de gaz hydrogène (protocarboné?) si considérable, lorsqu'on fit descendre la sonde dans la marne argileuse inférieure à la masse de plâtre, que les ouvriers en furent incommodés. Un sondage fait à Pantin a présenté les mêmes phénomènes; mais le dégagement du gaz hydrogène (protocarboné?) fut accompagné, disent les ouvriers, d'un ronflement qui les effraya; un chapeau qui fut mis sur l'ouverture de la buse fut enlevé à plusieurs mètres de hauteur.

Ce gaz s'échappait, par conséquent, avec une forte pression. Il serait facile de citer encore d'autres exemples.

Dans la principauté de Schaumburg, j'ai trouvé moi-même, dans une mine de houille, une soufflure qui a été formée par un

(1) *Annal.*, tom. LIII, pag. 214.

puits foré. Pour avoir une plus grande quantité d'eau motrice destinée à l'usage d'une machine hydraulique située dans le voisinage, on a eu le bonheur, il y a 7 ans, de percer un puits artésien, qui fournissait, outre l'eau, une prodigieuse quantité de gaz inflammable. Le dégagement de gaz qui provient de l'eau jaillissante est aussi considérable que s'il avait lieu dans une source riche en acide carbonique.

Ce gaz ne semble pas venir d'une couche de houille; car le forage descendit à 80 pieds au-dessous du mur de la couche exploitée, sans qu'on ait trouvé une seconde couche de houille. Dans le voisinage, on a foré jusqu'à la profondeur de 242 pieds, sans qu'on pût trouver une seconde couche. Il suit de là que le gaz se dégage vraisemblablement du schiste argileux, dans lequel le trou a été pratiqué : ce qui est facile à comprendre, puisque l'argile schisteuse de ces contrées est très-riche en substances carbonifères.

Il faut en général remarquer qu'il n'y a peut-être pas d'endroit où le dégagement des gaz inflammables soit plus considérable que dans les mines de houille de la principauté de Schaumburg, et pourtant la couche n'a tout au plus qu'une épaisseur de 21 pouces. Il est donc presque indubitable que la plus grande partie de ces gaz provient du schiste argileux situé sous la couche. M. Davy remarque aussi que le gaz inflammable se dégage lorsqu'on travaille les schistes bitumineux.

Il est hors de doute que la quantité considérable de gaz qui se dégage à présent du trou qui vient d'être indiqué, sortit néanmoins avant ce percement. Si, antérieurement, ce gaz se répandait dans les mines, il devait occasionner des grisoux très-considérables. Mais le trou qui a été pratiqué dans le puits d'aérage, où il y a un bon passage de l'air, laisse à présent sortir le gaz, sans qu'il cause aucun préjudice.

Il n'est pas du tout nécessaire de pratiquer toujours, à partir de la surface de la terre, les trous destinés à emporter les gaz inflammables des mines. Il est évident qu'il suffit de les pratiquer à partir des galeries où il y a un fort courant d'air. Du

reste, cette méthode est déjà fréquemment employée dans l'exploitation des mines. Il arrive très-souvent que, si par l'exploitation d'une couche inférieure de houille, les gaz inflammables viennent à s'accumuler, on établit une communication entre cette galerie et une autre qui est supérieure, et où il y a un courant d'air. Par le percement d'un trou dans la mine dite *Furth*, près d'Aix-la-Chapelle, il arriva que le gaz inflammable, qui s'était élancé du trou et allumé à la lampe d'un ouvrier, brûlait tranquillement au-dessous de l'ouverture (1).

La production des gaz inflammables semble n'avoir pas beaucoup de rapport avec la qualité de la houille. Il y a des mines où il se dégage du gaz inflammable, tant de la houille maigre que de la houille grasse; il y en a d'autres où cela n'a pas lieu. La houille maigre du rivage oriental de la Worm, près d'Aix-la-Chapelle, fournit des gaz inflammables. On ne connaît que peu d'exemples de tels dégagements dans la houille maigre des mines situées sur la Ruhr, entre Steele et Werden. La houille maigre des mines de la principauté de Schaumburg, ainsi que celle des mines situées près de Liége et près de Schlehbusch, non loin de Wetter, dégage des gaz inflammables. On remarque à peine quelque trace d'un tel dégagement dans la houille grasse des mines près d'Eschweiler. D'après M. Bouësnel, la houille grasse des mines, au Flenu, ne produit pas de gaz inflammables,

---

(1) Une autre preuve de la tendance des gaz inflammables à s'accumuler dans les trous, c'est qu'il n'arrive pas rarement qu'ils s'amassent dans les trous percés pour faire éclater la roche et la houille. C'est pourquoi il est prescrit d'examiner ces ouvertures avec la lampe brûlante, avant d'y introduire la cartouche. On doit le faire pour s'assurer s'il n'en sort pas de gaz inflammable; ce n'est que dans ce cas qu'il faut faire sauter la roche. Il arrive souvent que les mineurs n'observent pas cette règle : ils enduisent le trou de terre glaise, pour fermer de cette manière les fissures dans la houille d'où se dégage le gaz inflammable. Si on laisse ces trous pendant la nuit, il arrive le plus souvent que le dégagement du gaz disparaît.

tandis que le charbon dur et surtout le charbon calcaire en dégagent beaucoup.

Il faut cependant observer que peut-être le dégagement de gaz inflammable n'est pas remarqué dans plusieurs mines, parce qu'il y règne un suffisant aérage.

On peut admettre, pour la plupart, que le dégagement des gaz inflammables augmente à mesure que le travail des mines gagne en profondeur. C'est ainsi que, dans les houillères dites *Furth* et *Ath*, près d'Aix-la-Chapelle, les mofettes inflammables n'ont augmenté considérablement que depuis que le travail des mines a atteint une profondeur de plus de 100 toises. On pourrait présumer que le courant d'air, rendu moins facile, en est la cause; mais la circonstance en question se montre même dans les endroits où il y a un bon aérage (1).

Si l'eau est nécessaire à la formation des gaz inflammables, il est facile d'expliquer pourquoi ils deviennent plus considérables à mesure que la profondeur augmente. Plus le travail des mines gagne en profondeur, plus il est difficile d'éloigner les eaux, et plus les houilles viennent en contact avec elles. Déjà M. Morand (2) remarque : que les mines où il y a beaucoup d'eaux, sont aussi, à ce qu'il paraît par quelques exemples, celles où la vapeur fulgurante (gaz inflammable des houilles) est plus disposée à se marquer et plus fréquente.

Quelques mineurs croient que l'air atmosphérique influe sur la formation des gaz inflammables, puisqu'il y a des couches de houille qui ne dégagent ces gaz qu'après qu'elles ont été découvertes. Mais quel rapport pourrait-il y avoir entre l'air et le dégagement de gaz inflammables? Partout où des substances

---

(1) D'un autre côté, dans les mines aux environs de Saarbrücken, on observe que, plus la profondeur à laquelle se trouvent les lits de houille est considérable, plus les roches ambiantes sont épaisses et compactes, moins les gaz inflammables peuvent, par conséquent, s'échapper.

(2) *L'art d'exploiter les mines de charbon de terre*, par M. Morand, 1768. I, pag. 38.



ou des débris organiques sont décomposés par l'air, il ne se dégage que de l'acide carbonique et pas de gaz inflammable. Ainsi l'air, supposé qu'il agisse, ne peut qu'oxyder ; on sait que, lors de la putréfaction des substances animales, il oxyde même l'azote, cette substance qui s'oxyde si difficilement. En effet, d'après des principes chimiques, l'action de l'air, au lieu d'augmenter le dégagement des gaz inflammables de la houille, devrait au contraire le limiter (1). Le dégagement qui se montre, dès que les couches sont mises à découvert, vient sans doute de ce que, par là, les houilles viennent en contact avec l'eau, et que de cette manière l'opération chimique commence seulement, ou de ce que des gaz déjà formés et renfermés dans des cavités et des fissures, peuvent maintenant s'échapper sans obstacle.

D'après les expériences de M. H. Davy (2), il est évident que l'air inflammable des mines est de la même nature que celui des marais. Cette opinion est favorisée par mes expériences, qui montrent que l'acide carbonique et l'azote accompagnent toujours tant le gaz inflammable des mines que celui des marais. Mais le gaz des marais ne se dégage que lorsque des substances organiques pourrissent sous l'eau. On peut donc à peine douter que le gaz inflammable des mines ne se dégage dans les mêmes circonstances. Il est même très-vraisemblable que la transformation de la fibre végétale en houille consiste principalement dans la sécrétion de produits gazeux. Cette réduction en houille par voie humide ne peut au moins avoir lieu que par une diminution successive de l'oxygène et de l'hydrogène de la fibre, et il est probable

---

(1) On sait que la houille perd de sa qualité, si elle reste pendant longtemps exposée à l'air atmosphérique. C'est pourquoi on se garde de mettre trop à découvert une couche par des galeries; c'est pour la même raison que la houille qui se trouve à la tête de couches peu couvertes et exposées à l'air, est d'une mauvaise qualité. Il est hors de doute que c'est l'oxydation par l'air atmosphérique qui cause ce changement.

(2) *Annal. de chimie et de phys.*, tom. I, pag. 140.

que cette opération continue encore à présent (1). Or, la diminution de ces éléments résulte de la formation d'eau, d'acide carbonique et d'hydrogène protocarboné. On ne saurait décider s'il se forme réellement de l'eau (2), cependant il est de fait que les deux gaz sont formés. Quant à l'acide carbonique, il ne s'en dégage sans doute qu'une petite partie, la plus grande partie étant, dans son passage, absorbée par l'eau, ou produisant, dans la formation houillère et entre les fissures, des minéraux dans lesquels ce gaz entre comme principe constituant (3). Les gaz inflammables qui se dégagent, avec une pression plus ou moins considérable, tels que ceux des soufflures de la galerie de Wellesweiler et d'un puits dans la principauté de Schaumburg, contenant également de l'acide carbonique; on en conclut que ce gaz ne saurait résulter de l'oxydation de la houille par l'oxygène de l'air atmosphérique. De même l'azote, que l'on rencontre dans ces mélanges gazeux, ne provient pas de l'air atmosphérique; car chaque gaz, qui sort de l'intérieur de la terre, avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère, se forme, l'air atmosphérique étant tout à fait exclu. Du reste, il ne faut pas s'étonner de rencontrer l'azote, puisque ce corps est un principe constituant des houilles.

Plus les houilles sont fendues, mieux l'eau peut pénétrer dans les couches et occasionner la formation de gaz inflammables. Le gaz produit peut sortir par les mêmes canaux par où l'eau est entrée. Il est certainement remarquable que déjà M. Morand ait rendu attentif à ces circonstances, quoique peut-être il en ignorât les causes. Il dit (4) : Je crois seulement nécessaire d'observer, et la chose paraît toute simple à imaginer, que la nature des charbons ajoute quelque chose à la disposi-

---

(1) *Untersuchungen über die kohligen Substanzen des Mineralreichs*, etc., Berlin, 1826, pag. 64 et 231.

(2) *Loco cit.*, pag. 237.

(3) *Loco cit.*, pag. 179, 181, 182, 192, 228 et 237.

(4) *Loco cit.*, p. 38.

tion du local; que plus les charbons sont purs et compacts, moins leurs mines ont de ces vapeurs (gaz inflammables des houilles), ce qui se trouve fondé sur les houilles appelées en Angleterre *kannelcoal*, qui sont plus difficiles à s'enflammer.

Selon M. Karsten (1), dans la houille, le plan des fissures est toujours perpendiculaire ou presque perpendiculaire à la couche. Si les couches de houille sont horizontales, les fissures sont par conséquent perpendiculaires; et, si elles sont perpendiculaires, les fissures se présentent horizontalement. La disposition des couches influe par conséquent sur le mouvement des eaux. Dans le premier cas, si les lits de roches qui couvrent la couche donnent passage à l'eau, ou si, par suite de l'exploitation, l'eau a pu pénétrer jusqu'à la couche, les fissures s'en rempliront. Le gaz inflammable qui se dégage de la houille sortira par les fissures et entrera dans les espaces découverts par suite de l'exploitation. Dans l'autre cas, où les couches sont perpendiculaires ou ont du moins une forte inclinaison, les gaz inflammables qui sortent des fissures peuvent s'échapper facilement à jour entre la couche et le toit, ou entre elle et le mur (*deille, dheil*). Il peut même arriver que l'eau, en pénétrant à travers les plans de séparation entre la couche de houille et les lits de roches, jusqu'à une profondeur considérable, n'entre pas du tout dans les fissures. Dans ce cas, il n'y aura donc pas de dégagement de gaz.

Un jour, je demandai à un employé d'une mine de houille où il n'est pas rare de rencontrer des grisoux, comment il en est, sous ce rapport, des mines avoisinantes. Il me répondit que, dans ces mines, il ne peut pas se trouver de grisoux, parce que les couches de houille y sont très-inclinées, et qu'elles ont la même inclinaison que la montagne elle-même. Elles sont, par conséquent, couvertes d'une roche à ciel ayant une épaisseur peu considérable. Les gaz inflammables ont donc bien des

(1) *Loco cit.*, p. 76, 235 et 444.

occasions pour se procurer des issues. Du reste, vers la tête des couches de houille, on ne rencontre jamais de grisoux.

Les cas qui viennent d'être examinés montrent effectivement qu'il peut en être ainsi. Cependant il est à remarquer que, par l'exploitation de couches très-inclinées, les gaz inflammables, s'il s'en dégage, peuvent s'échapper à jour sans difficulté.

Ainsi le gisement des couches de houille et la disposition des fissures qui en dépend, exercent une influence marquée sur le dégagement et l'éloignement des gaz inflammables. Mais il peut se présenter des modifications de toute espèce, suivant que les roches ambiantes donnent passage à l'eau ou non, et suivant qu'il circule ou non de l'eau entre les fissures parallèles aux couches et les fissures transversales de la houille. En effet, les dernières sont quelquefois tellement fines, qu'on ne peut les remarquer qu'après avoir concassé la houille. Souvent elles forment des fentes larges, qui sont partie vides, partie remplies de substances étrangères. Ces substances consistent pour la plupart en carbonates, et il est très-vraisemblable que des eaux y ont circulé. On pourrait à peine expliquer autrement leur formation qu'en les regardant comme des précipités que l'eau a déposés.

Si les roches ambiantes, le schiste argileux ou le grès houiller, sont fendues, elles donneront non-seulement retraite aux gaz formés dans la houille; mais, par l'intermède de l'eau, elles donneront encore naissance à des gaz inflammables, pourvu qu'elles soient imprégnées de matières carbonifères.

Dans la mine dite Furth, près d'Aix-la-Chapelle, par des travaux transversaux faits dans le grès houiller, on rencontra une fissure d'où il s'échappa une grande quantité de gaz; ce dégagement continua pendant longtemps. A une autre place, il se détacha du toit une pièce considérable; et, comme, presque dans le même instant, il s'ensuivit une explosion, il faut qu'il y ait eu également ici un dégagement soudain de gaz.

Il semble que les circonstances qui ont lieu dans le territoire houiller de la principauté de Schaumburg parlent beau-

coup en faveur des opinions qui viennent d'être exposées. J'ai déjà fait observer p. 236 que, jusqu'à présent, on n'a pas encore foré de couche inférieure de houille ; il en existe une qui est supérieure, mais qui n'a qu'une puissance de quelques pouces.

Si l'on envisage les énormes dégagements de gaz inflammables qui y ont lieu, il faut en conclure que là c'est non-seulement la houille qui donne principalement naissance aux gaz inflammables, mais que ce sont encore les roches encaissant les couches de houille qui prennent beaucoup de part à ces dégagements. On y a foré des puits artésiens (car on y en a foré un second, dans un autre puits qui n'est éloigné que d'environ 600 pieds de celui dont j'ai parlé plus haut, p. 235 ; il fournit 31 pieds cubes par minute, mais sans gaz inflammable) ; ce qui prouve que le schiste argileux est nécessairement très-fendu, puisqu'il peut renfermer des quantités d'eau si considérables. Les matières carbonifères du schiste argileux peuvent, par conséquent, venir en abondance en contact avec l'eau. Si enfin l'on envisage que la couche de houille de cet endroit appartient à la formation de lias, on voit que ce doit être une formation très-récente ; et c'est ainsi que l'on peut se figurer que, par suite de la transformation progressive des débris organiques en houille, le dégagement de gaz y a lieu à un plus haut degré que dans le terrain houiller le plus ancien. Si ces opinions sont fondées, on serait en droit de conclure, en général, que la formation de gaz, dans des couches de houille, a eu lieu à un degré plus élevé dans des périodes antérieures que de notre temps.

Si ce n'était pas la houille elle-même, dans cette formation de lias, si ce n'étaient pas les fissures multipliées des formations secondaires, et la succession de couches pénétrables et impénétrables à l'eau, qui donnent naissance à de si énormes quantités de gaz, quels dégagements ne devraient pas avoir lieu dans les couches des terrains houillers plus anciens? — A l'ouest de Mons, sur le Flénu, on compte plus de 100, dans le territoire houiller de Saarbrücken, près de 120 couches de

houille situées les unes au-dessus des autres, abstraction faite des couches peu considérables, c'est-à-dire de celles qui ont jusqu'à un pied de puissance. Quels dégagements de gaz ne devrait-il pas y avoir ici, si la houille de ces couches avait la même tendance à former des gaz que celle de la formation citée ci-dessus, et si les eaux pouvaient pénétrer à l'intérieur avec la même facilité que dans les territoires dont je viens de parler? C'est effectivement un bonheur pour l'exploitation de la houille faite dans les territoires houillers les plus anciens, que ces actions chimiques n'ont plus lieu à présent avec la même intensité que probablement dans les temps antérieurs.

On pourrait peut-être objecter à ces opinions, qu'il est très-rare de voir du gaz inflammable se dégager des lignites. On pourrait dire : si le dégagement des gaz inflammables de la houille est d'autant plus considérable qu'elle appartient à une formation plus récente, pourquoi se dégagent-ils si rarement des lignites, qui cependant sont des formations bien plus récentes provenant d'une création organique qui a péri? Cette question du reste est liée à une autre qui a déjà été souvent proposée, c'est-à-dire, s'il est vraisemblable qu'une lignite puisse jamais être réellement transformée en houille? Cette question, comme on sait, est niée par la plupart des géologues. Dans ce cas, il n'est pas étonnant que les actions chimiques par lesquelles la lignite et la houille furent formées et sont encore continuellement changées, soient accompagnées de phénomènes tout à fait différents. Si ce qui est annoncé dans la *Litterary Gazette* du 9 novembre 1839, concernant la formation de houille artificielle, par la compression de la tourbe, a du fondement, il est permis d'en conclure que les houilles ont peut-être la même origine. En général, il n'y a pas de doute que la pression énorme des roches qui couvrent les couches de houille n'ait essentiellement contribué à la formation des houilles. La conjecture que les houilles ont été formées par la tourbe est appuyée par l'analogie qui existe entre la formation du gaz inflammable des marais et celle du gaz inflammable des mines.

Les considérations précédentes, quoiqu'elles ne présentent, pour la plupart, qu'une importance théorique, donnent néanmoins le résultat pratique qu'il n'y a pas de moyens d'empêcher ou même de limiter la formation de gaz inflammables dans les mines de houille. On atteindrait vraisemblablement ce but, s'il était possible d'empêcher que l'eau ne pénétrât jusqu'aux couches de houille et aux substances carbonifères dans les lits de roches (1). On n'a donc qu'à éloigner des mines autant que possible les gaz inflammables qui se forment, ou à chercher des moyens par lesquels il soit possible de travailler sans danger dans les lieux remplis de ces gaz. C'est ce qui sera traité dans les chapitres suivants.

CHAPITRE II.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

M. Henry a prouvé (2) que l'air inflammable des mines était de l'hydrogène carboné, et M. Thompson a fait plusieurs ex-

---

(1) Ce qui peut être fait, à ce sujet, on le fait déjà à cause de l'exploitation elle-même. C'est pourquoi, si les roches qui couvrent la formation houillère, sont très-fendues et contiennent beaucoup d'eau, et qu'entre elles et la formation houillère il se trouve une couche qui ne donne pas passage à l'eau, on a coutume de conserver soigneusement cette couche. C'est ce qui a lieu, entre autres, dans le territoire houiller de Valenciennes, d'Aniche, etc., où la formation crétacée, qui est très-fendue et très-abondante en eau, couvre la formation houillère. Heureusement la partie inférieure de la formation crétacée consiste en couches d'argile, à travers lesquelles les eaux ne peuvent pas pénétrer; d'où il arrive que la formation houillère, située au-dessous, est presque toute sèche. (Voyez d'Oeynhausen et de Dechen, dans l'*Archiv. für Bergbau, etc.*, tome X, p. 191.) C'est là probablement la raison pour laquelle les grisoux n'y sont pas très-fréquents. Sur la Worm, près d'Aix-la-Chapelle, il y a aussi un grès houiller impénétrable à l'eau (on l'y appelle *mauerlage*); on le conserve avec soin.

(2) *Journal de Nicholson,* tome XIX.

périences à ce sujet. M. H. Davy (1) a analysé plusieurs espèces d'air inflammable et a trouvé que la partie inflammable était constamment de même nature, mais mêlée souvent avec un peu d'air atmosphérique, et quelquefois avec l'azote et l'acide carbonique.

De six espèces d'air inflammable recueillies par M. Dunn, dans la mine d'*Hepburn*, la plus pure ne contenait qu'un quinzième d'air atmosphérique, et la plus impure cinq douzièmes : cet air provenait, selon toute apparence, de celui qui entourait la mine. Une mesure de cet air exige, pour être brûlée par l'étincelle électrique, environ deux mesures d'oxygène ; il résulte de cette combustion à peu près une mesure d'acide carbonique. Cet air n'agit pas sur le chlore à froid ; mais, en faisant passer l'étincelle électrique à travers un mélange d'une partie d'air inflammable et de deux de chlore, il y a explosion, avec diminution au moins d'un quart du volume, et précipitation de beaucoup de carbone.

L'analyse des espèces d'air inflammable, communiquée à M. Georges Children par M. Clanny, présente de semblables résultats ; mais elle y a montré des quantités variables d'acide carbonique et d'azote. Différentes espèces de cet air, essayées avec le chlore, à l'obscurité et à la lumière, n'ont donné aucun signe de la présence du gaz oléfiant ni de l'hydrogène. Le résidu produit par la détonation avec le chlore, n'a montré aucune trace d'oxyde de carbone.

De ces expériences, M. Davy conclut que l'air inflammable des mines est de la même nature que celui des marais.

Je ne puis pas croire qu'aucun gaz inflammable des mines contienne de l'air atmosphérique, comme une partie constituante essentielle. Nous avons trouvé, dans le chapitre Ier, que, pour la plupart, ces gaz se dégagent avec une pression supé-

---

(1) *Annales de chimie et de physique*, tome Ier, p. 139.

rieure à celle de l'atmosphère. Mais, en ce cas, il n'est pas possible que l'air atmosphérique soit entré dans un endroit où se dégage le gaz inflammable. L'air atmosphérique trouvé par M. Davy, provenait, sans doute, de l'air de la galerie, qui s'était mêlé au gaz inflammable, pendant que ce dernier était recueilli.

Bien que ces expériences prouvent que l'hydrogène protocarboné est la partie constituante principale des gaz inflammables des mines, j'ai toutefois mis à profit l'occasion qui se présente rarement, dans les mines du continent, de recueillir ces gaz parfaitement purs, pour le but d'une analyse exacte.

Il était surtout important d'analyser des gaz inflammables provenant de formations houillères d'âges différents. Heureusement je pus atteindre ce but. Je trouvai deux exhalaisons de gaz dans le terrain houiller le plus ancien (chap. Ier, p. 226 et 227), et une autre dans une formation beaucoup plus récente, dans la formation de lias (chap. Ier, p. 235 et 242.)

Ce n'est que le premier de ces trois gaz (A) (il se dégage dans la galerie de Gerhard) qui ne sort pas avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Par conséquent, il ne pouvait être recueilli par le moyen ordinaire, sur la cuve pneumatique. L'appareil que j'employai à ce but, consistait en une grande cloche *g* (voir *fig.* 2, planche I) fermée en bas par une assiette *t*, garnie de lut et munie d'un robinet *f*. Un second robinet *h* était luté sur le haut de la cloche; et, sur celui-ci, pouvait se visser une monture *a*, à laquelle était soudé un tuyau de plomb. Le tuyau *r* fut luté dans la fissure de la roche; et, après avoir rempli la cloche d'eau, on aspira le gaz dégagé. Lors même que le robinet était complétement ouvert, il s'en fallait de beaucoup qu'il s'écoulât autant d'eau et qu'on aspirât autant de gaz, qu'il s'en dégageait de la fissure.

Il était aisé de s'en convaincre en plongeant la cloche dans un réservoir rempli d'eau, de manière à chasser le gaz recueilli par le robinet *h*, et à pouvoir l'allumer. La flamme avait en effet à peine deux pouces de haut. Or, comme le gaz employait

à peu près autant de temps à sortir de la cloche qu'il en avait mis à y pénétrer; comme, d'un autre côté, celui qui se dégageait immédiatement de la fissure brûlait avec une flamme de 12 à 15 pouces de haut; il est évident qu'une faible partie seulement du gaz dégagé avait été aspirée par l'appareil. J'avais donc l'entière certitude de n'avoir pas aspiré en même temps de l'air atmosphérique.

A l'aide de deux appareils qui me servaient alternativement à aspirer le gaz, puis à le sortir de la cloche, en plongeant celle-ci dans l'eau, je pus, dans le même jour, en remplir 50 bouteilles ordinaires, qui furent hermétiquement bouchées, et de plus plongées dans l'eau en des tonneaux que je fis transporter à Bonn.

Je n'eus pas besoin de ces appareils pour recueillir le gaz (B) (il se dégage dans la galerie de Wellesweiler), car ce gaz s'échappe avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Je trouvai un entonnoir de cuivre placé sur la fissure d'où le gaz se dégage. J'entourai cet entonnoir d'une couche d'argile de plusieurs pouces de haut, et je fis arriver un tuyau de plomb luté sur l'entonnoir, sous une cuve pneumatique; le gaz qui se dégageait pouvait encore vaincre la pression d'une colonne d'eau haute de 3 pouces. En 3 à 4 minutes, une bouteille ordinaire était remplie de gaz. Je mis à profit cette circonstance favorable pour en remplir 100 bouteilles; elles furent également bien bouchées et transportées, de la même manière, à Bonn.

Il ne me fallut pas non plus ces appareils pour recueillir le troisième gaz (C) (il se dégage d'un puits foré dans une mine dans la principauté de Schaumburg), qui se trouve dans la formation houillère de lias et qui se dégage d'un puits foré, avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. J'ai fait usage du tuyau de pompe, comme d'une cuve pneumatique, et j'ai rempli de ce gaz 100 bouteilles; elles furent également bien bouchées et transportées, de la même manière, à Bonn.

Cette grande quantité de gaz m'a engagé non-seulement à entreprendre une analyse complète, mais encore à faire plu-

sieurs expériences qui sont de quelque importance pour la chimie. J'en ferai mention plus tard dans un journal chimique.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DE CES TROIS GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

Ces trois gaz étaient insipides et inodores. Faisait-on arriver, pendant un certain temps, ces gaz sur la langue ou dans le nez, on ne pouvait trouver ni odeur ni saveur désagréables. J'appris des mineurs que jamais, dans les grisoux, ils n'avaient éprouvé une odeur particulière, mais bien une pression aux yeux ou aux tempes. Cela me conduisit à faire passer pendant quelques minutes du gaz dans mes yeux. Mais je ne sentis rien de particulier. L'expérience fut répétée par d'autres personnes qui prétendirent avoir éprouvé, aux yeux ou aux tempes, une sensation particulière.

Lorsque je visitai la galerie où se dégage le gaz (A), je trouvai qu'il brûlait avec une flamme bleue haute de 3 à 4 pouces. La flamme était complétement bleue, sans trace de jaune, au point que, si on la comparait avec la flamme bleu jaunâtre que donne en brûlant le gaz des marais, on pouvait être porté à prendre le gaz qui s'échappait ici, non pas pour de l'hydrogène protocarboné, mais pour de l'oxyde de carbone. Lorsque je visitai ce lieu pour la seconde fois, une année plus tard, un tuyau fut introduit dans la fissure avec plus de soins qu'auparavant. Le gaz brûlait maintenant avec une flamme haute de 12 à 15 pouces, non plus comme auparavant d'un bleu pur, mais seulement bleue en bas et en haut colorée en jaune. Je ne pus découvrir la cause de ce changement dans la couleur de la flamme, puisqu'il m'avait été impossible, lors de ma première visite, de recueillir du gaz pour en faire l'analyse chimique. Il est vrai que la partie supérieure de la flamme colorée en jaune diminuait d'autant plus, par rapport à la flamme entière, que celle-ci était rendue plus petite, en donnant au gaz d'autres issues par la fissure. Néanmoins, lorsqu'elle était réduite à la hauteur qu'elle avait, l'année précédente, ou même lorsqu'elle devenait plus pe-

tite encore, la partie supérieure n'en continuait par moins à rester jaune, et la partie inférieure seule était colorée en bleu.

On pouvait facilement éteindre la haute flamme produite par la combustion du gaz dégagé immédiatement de la fissure ou du tuyau. Pour l'éteindre, il suffisait de souffler sur elle, même à une distance de 3 ou de 6 pieds, ou encore de produire avec la main une agitation dans l'air. Cela est moins surprenant quand on observe que le gaz ne se dégage pas avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Le plus faible courant d'air doit donc suffire pour emporter et éteindre le gaz en combustion.

La flamme produite par la combustion du gaz des mines développe peu de chaleur : on pouvait l'éteindre en bouchant lentement le tuyau avec les doigts, sans se les brûler.

On ne pouvait enflammer le courant ni au moyen d'amadou ni à l'aide d'un cigare allumé, même lorsqu'on en activait la combustion en y soufflant fort.

Le gaz *B* étant allumé, brûlait avec une flamnede 2 à 3 pouces de haut, jaune en haut et en bas colorée en bleu.

Le gaz *C* se dégage, comme j'ai déjà fait observer, d'un tuyau de pompe placé sur le trou. L'eau s'écoule de ce tuyau latéralement et à la distance de 14 pouces, à partir de son extrémité supérieure. L'espace au-dessus de l'eau est toujours rempli de gaz inflammable. Si l'on tient une lampe brûlante au-dessus de l'embouchure du tuyau, le gaz s'allume et brûle avec une flamme bleuâtre, colorée faiblement en jaune aux sommets. Mais, si l'on couvre d'un morceau de bois le trou du tuyau de pompe, de sorte que le gaz soit forcé de pénétrer par les jointures, il brûle avec une flamme aussi jaune que celle du gaz oléfiant : ce n'est qu'à la partie inférieure qu'elle est colorée faiblement en bleu. Le gaz brûle avec la même flamme, si les tuyaux latéraux sont bouchés, et que l'eau soit contrainte de s'écouler par l'extrémité du tuyau. Lorsque, dans le but de recueillir le gaz, j'adaptai au tuyau de pompe un entonnoir que je lutai tout à l'entour, de manière que le gaz était obligé de s'écouler par l'étroite ou-

verture de ce dernier, il brûlait avec une flamme haute de deux pieds, bleue seulement en bas jusqu'à la hauteur de 1 à 2 pouces, du reste colorée tout à fait en jaune clair. Si l'écoulement latéral de l'eau était complétement empêché, l'eau, ainsi que le gaz, devaient passer par l'étroite ouverture de l'entonnoir, et dans ce cas il se formait une fontaine d'eau et de gaz haute de plus de deux pieds. L'eau formait l'intérieur de cette fontaine, que le gaz entourait comme d'un manteau. C'était un beau spectacle que de voir la flamme du gaz brûlant environner le cylindre d'eau. Du reste, cette flamme était également jaune, d'un bleu faible seulement à la partie inférieure. Si le tuyau de pompe était fermé de manière que le gaz fût obligé de s'écouler, simultanément avec des vapeurs d'eau, à travers un tube de verre large d'environ deux lignes, le gaz brûlait avec une flamme d'un bleu pur.

On voit par là que la couleur de la flamme d'un gaz inflammable des mines brûlant peut varier beaucoup selon la manière de son écoulement, et suivant qu'il vient en contact avec une quantité d'air atmosphérique plus au moins considérable. Ainsi, on saurait à peine conclure de la couleur de la flamme la nature chimique du gaz. Cependant, si, dans certaines circonstances, la flamme répand une lumière plus ou moins claire et éclatante, il est permis de présumer la présence du gaz oléfiant. On sait en effet que le gaz hydrogène protocarboné, tel qu'il se rencontre dans le gaz des marais, brûle avec une flamme qui ne luit pas beaucoup plus que celle de l'hydrogène allumé.

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DE CES TROIS GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

Gaz (A).

1° Après avoir fait plusieurs expériences pour déterminer si le gaz contient de l'oxygène, j'ai trouvé qu'il n'en renferme pas une quantité déterminable.

2° Le gaz troublait l'eau de chaux. La quantité de l'acide car-

bonique était 0,039 du volume. Mais la quantité primitive de ce gaz est certainement bien plus considérable, puisque le gaz était sur son passage en contact multiplié avec l'eau, et que d'ailleurs on le recueillait sur l'eau. C'est pourquoi, dans les expériences suivantes, j'ai toujours employé un gaz que l'on avait lavé avec une solution de potasse, avant de l'éprouver.

3° Le chlore ajouté au gaz dans un flacon d'hyalite opaque donnait une absorption si faible, que, d'après cette expérience, l'existence de l'hydrogène bicarboné reste un peu douteuse. S'il y existe, son volume ne peut s'élever au delà de 0,0025.

4° J'ai fait un grand nombre d'expériences pour trouver si le gaz contient de l'oxyde de carbone ou non. Je devrais entrer dans trop de détails, si je voulais décrire toutes mes expériences en particulier. Il suffit ici d'indiquer que le moyen ordinairement employé pour absorber l'oxyde de carbone, c'est-à-dire le potassium, n'est pas praticable pour trouver ce gaz dans un mélange qui contient de l'hydrogène protocarboné. Mes expériences m'ont convaincu tout à fait que ce gaz ne se trouve pas dans le gaz des mines ci-dessus.

5° Le gaz ne contient pas de vapeurs inflammables qui sont absorbables par l'acide sulfurique : ce qui ne parle pas en faveur de l'opinion qui regarde les gaz inflammables des mines comme pouvant être le produit d'une sorte de distillation à sec.

6° D'après deux expériences qui s'accordaient, à peu de chose près, la pesanteur spécifique du gaz est 0,6518, la densité de l'air étant prise pour unité.

7° D'après trois analyses exactes, à l'aide de l'eudiomètre, j'ai trouvé qu'un volume de gaz mêlé avec 3 volumes de gaz oxygène, donnait par la détonation une absorption de 1,7012 volume, et qu'il se formait 0,8704 volume d'acide carbonique (1).

---

(1) Ce sont les résultats rectifiés par rapport au baromètre et au thermomètre et à la vapeur d'eau qui était contenue dans les gaz, et qui a été soustraite.

Il suit de là que le gaz des mines *A* est composé de :

Hydrogène protocarboné	0,8308
Hydrogène bicarboné	0,0198
Gaz étranger	0,1494
	1,0000

D'après les recherches les plus soigneuses, ce gaz étranger n'est que de l'azote. L'analyse du gaz, au moyen de l'oxyde de cuivre, a donné à peu près les mêmes résultats.

Gaz (B).

1° Ce gaz ne contient pas non plus de gaz oxygène.

2° Il troublait aussi l'eau de chaux. La quantité de l'acide carbonique était 0,041 à 0,043 du volume. Dans les expériences suivantes, j'ai pareillement employé un gaz que l'on avait lavé avec une solution de potasse avant de l'éprouver.

3° Le chlore ajouté au gaz des mines, dans un flacon d'hyalite opaque, absorbait 0,038, selon la moyenne de plusieurs expériences.

4° On s'est également assuré que ce gaz ne contient pas d'oxyde de carbone.

5° En faisant passer le gaz à travers une quantité d'acide sulfurique, on n'observait pas que l'acide s'en troublât. Par conséquent, le gaz ne contient pas de vapeurs inflammables.

6° D'après deux expériences qui s'accordaient très-bien, la pesanteur spécifique du gaz est 0,5742, l'air pesant 1.

7° D'après trois analyses, à l'aide de l'eudiomètre, qui s'accordaient de très-près, j'ai trouvé qu'un volume de gaz mêlé avec 3 volumes de gaz oxygène donnait, par la détonation, une absorption de 1,9535, et qu'il se formait 1,0399 volume d'acide carbonique.

Il suit de là que le gaz (*B*) est composé de:

Hydrogène protocarboné	0,9136
Hydrogène bicarboné	0,0632
Gaz étranger	0,0232
	1,0000

La quantité du gaz étranger étant très-petite, on n'en pouvait déterminer la nature avec une certitude suffisante; mais on ne saurait douter que ce gaz ne soit que de l'azote.

Par l'analyse du gaz des mines, au moyen de l'oxyde de cuivre, on a obtenu les mêmes résultats.

Gaz (*C*).

1° Ce gaz troublait également l'eau de chaux. Dans les expériences suivantes, j'ai pareillement employé un gaz que l'on avait lavé avec une solution de potasse.

2° Le chlore ajouté au gaz des mines, dans un flacon d'hyalite opaque, absorbait 0,0656.

3° On s'est également assuré que ce gaz ne contient pas d'oxyde de carbone.

4° Ce gaz ne contient pas non plus de vapeurs inflammables que l'acide sulfurique absorbe.

5° D'après quatre analyses, à l'aide de l'eudiomètre, qui s'accordaient de très-près, j'ai trouvé qu'un volume de gaz, mêlé avec trois volumes de gaz oxygène donnait, par la détonation, une absorption de 1,9041 volume, et qu'il se formait 1,1131 volume d'acide carbonique.

Il suit de là que le gaz C est composé de :

Hydrogène protocarboné	0,7910
Hydrogène bicarboné	0,1611
Gaz étranger	0,0479
	1,0000

Il est très-probable que ce gaz étranger n'est que de l'azote. J'ai envie de faire des expériences ultérieures pour obtenir tout à fait la certitude de cette opinion.

Ces expériences montrent que les gaz inflammables des mines ne sont nullement composés uniformément.

Mes analyses s'accordent avec celles des chimistes anglais, en ce que les gaz inflammables des mines que j'ai examinés contiennent également de l'acide carbonique et de l'azote, en proportions variables, mais pas d'oxyde de carbone. Elles en diffèrent en ce que la présence d'hydrogène bicarboné, en proportions variables, a été démontrée tant par le chlore que par la détonation avec de l'oxygène.

Il s'agit maintenant de décider la question, si les gaz des mines d'Angleterre, analysés par les chimistes nommés plus haut, ne contiennent point d'hydrogène bicarboné, ou si ce dernier leur a échappé. Sans vouloir révoquer en doute le moins du monde l'exactitude de ces chimistes, je dois cependant rappeler que, depuis 25 ans, époque à laquelle ces analyses ont été faites, la chimie analytique, surtout l'analyse des substances gazeuses, a fait de grands progrès.

M. Davy dit : le gaz des mines n'agit pas sur le chlore à froid; mais il ne dit pas si, dans le volume, il n'a pas observé d'absorption. Puis il dit : une mesure du gaz des mines exige, pour être brûlée par l'étincelle électrique, *environ* deux mesures d'oxygène; il résulte de cette combustion *à peu près* une mesure d'acide carbonique. On voit par là que ni la quantité d'oxygène qui a été consommée, ni celle de l'acide carbonique qui s'est produite, n'ont été déterminées avec précision. Il se peut donc aisément qu'il y ait eu une consommation d'oxygène dépassant le volume double, et une production d'acide carbonique plus grande que le volume égal; que, par suite,

le gaz des mines analysé par Davy ait contenu un peu d'hydrogène bicarboné.

Dans mes analyses, il s'est présenté une circonstance particulière que je tâcherai d'éclaircir par des expériences ultérieures, plutôt dans l'intérêt théorique que pratique.

Si j'évaluais l'hydrogène bicarboné au moyen de l'absorption par la détonation et de la quantité de l'acide carbonique qui s'était formée, j'en trouvais toujours une quantité plus grande que celle qui était fournie par la détermination directe au moyen du chlore. Le calcul était basé sur la supposition connue que le gaz hydrogène protocarboné consomme, par la détonation, son volume double d'oxygène, et produit un volume égal d'acide carbonique. La quantité plus grande d'oxygène qui fut consommée, et la quantité plus grande d'acide carbonique qui fut formée, durent nécessairement provenir d'hydrogène bicarboné, puisque ce gaz est le seul de tous les gaz inflammables qui, par sa détonation, consomme une plus grande quantité d'oxygène et fournisse plus d'acide carbonique que le gaz hydrogène protocarboné.

On se rappelle qu'une anomalie analogue a déjà été remarquée antérieurement. Le docteur Henry (1) parle d'une découverte faite par M. Dalton d'une vapeur, dans le gaz de l'huile, plus pesante que le gaz oléfiant, demandant beaucoup plus d'oxygène pour sa combustion et condensable par le chlore. M. Faraday (2) résolut plus tard l'énigme, en montrant que le gaz obtenu pendant la décomposition de l'huile par la chaleur contient de nouveaux composés de carbone et d'hydrogène qui peuvent être absorbés par l'acide sulfurique. Comme les gaz inflammables des mines que j'ai examinés n'étaient point affectés par cet acide, ils ne peuvent contenir de tels composés. Dans le cas que ces gaz contiendraient des vapeurs inflamma-

(1) Dans un mémoire lu à la société royale, le 22 février 1821.

(2) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. XXX, pag. 269 et suivant.

bles qui, par leur détonation, consomment une plus grande quantité d'oxygène et produisent plus d'acide carbonique que le gaz hydrogène protocarboné, elles devraient être telles qu'elles ne fussent absorbées ni par l'acide sulfurique ni par le chlore.

Dans la houillère d'Urpeth, près de Newcastle sur la Tyne, on a retiré de cavités situées dans la houille, une cire particulière, assez semblable à celle que l'on trouve en plus grande quantité en Moldavie, que l'on a nommée *ozokérite*. M. Johnston (1), à propos des recherches qu'il fit sur cette substance, établit l'hypothèse qu'elle pourrait bien provenir de vapeurs sorties de la houille, lesquelles auraient été entraînées par le gaz hydrogène protocarboné, et qui se seraient condensées dans des endroits plus froids. Comme il existe une si grande quantité de composés de carbone et d'hydrogène, pour la plupart isomères avec l'hydrogène bicarboné, et que chaque jour on en découvre encore, cette hypothèse a pour elle quelque vraisemblance. Mais, si ces vapeurs ne sont condensables ni par l'acide sulfurique ni par le chlore, il sera toujours très-difficile d'en démontrer l'existence d'une manière évidente.

M. Johnston ajoute l'observation qu'en considérant les substances inflammables dans les houillères, on a coutume de ne fixer son attention que sur les gaz permanents, sans envisager qu'il est également possible que d'autres substances se soient dégagées sous forme de vapeurs. Il croit que la variété d'ozokérite, que l'on rencontre dans la houillère d'Urpeth, prouve que l'hydrogène protocarboné, en se dégageant, est parfois accompagné de substances volatiles, et que la partie inflammable, dans l'air des mines de houille, est rarement ou peut-être n'est jamais formée par ce gaz. M. Johnston fait la remarque que le gaz hydrogène protocarboné exige une fois son vo-

---

(1) *Lond. and Edinb. phil. magaz. third series*, *n° 76*, *may* 1838, p. 389.

lume; la vapeur du composé liquide de Faraday, qui est le carbure d'hydrogène le plus léger, trente fois, et celle du naphte quarante-cinq fois son volume d'air atmosphérique, pour brûler complétement. Ainsi, une très-petite quantité des deux dernières substances rendrait une atmosphère dangereuse. Dans un territoire tel que celui du nord de l'Angleterre, où l'on rencontre abondamment de la houille riche en matière bitumineuse, il est important, à ce qu'il croit, de prendre en considération la présence vraisemblable de telles substances à l'état de vapeurs.

Une observation, connue à des praticiens dans le territoire houiller de l'Angleterre, conduit, d'après lui, à la même conclusion. Dans les mines où l'on fait usage de lampes ordinaires, le mineur conclut des modifications de la flamme à la nature de l'air. S'il n'y a que peu de gaz inflammable, on remarque, à la partie supérieure de la flamme, une courte pointe d'un bleu faible, qui augmente en longueur, à mesure que la quantité de l'hydrogène carboné devient plus grande, jusqu'à ce qu'il se forme un mélange détonant. La longueur de cette pointe, qui indique que le mélange approche de l'état explosif, est différente dans les différents territoires houillers. Dans ceux de Newcastle et de Leeds, une pointe longue de 1 ½ pouce présage du danger, tandis que, dans les mines de Sudwallis, c'est souvent une pointe longue de 4 à 5 pouces. La couleur de cette pointe est aussi un signe caractéristique : si elle est bleue, il n'y a pas d'explosion à craindre; si elle est brune ou terne, on présume la présence d'acide carbonique, et il n'y a pas tant de danger.

Je le répète, l'hypothèse de Johnston a quelque vraisemblance, si l'on se rappelle ce que j'ai dit plus haut, relativement à la consommation d'oxygène et à la formation d'acide carbonique, lors de la combustion des gaz inflammables dont j'ai fait l'analyse. Toutefois, M. Johnston attache sans doute à la chose trop d'importance. Il est peu vraisemblable que, dans un gaz inflammable de mines quelconque, il se rencon-

tre des vapeurs inflammables telles qu'elles sont formées par la décomposition de l'huile et d'autres substances analogues, à une température élevée.

Dans plusieurs endroits de ce mémoire, j'ai déjà tâché de rendre vraisemblable l'opinion, que les gaz inflammables des mines ne sauraient être les produits d'une décomposition de la houille, faite à une température élevée. On a au contraire les motifs les plus fondés de croire qu'ils se forment de la même manière que le gaz inflammable des marais. Je crois pouvoir admettre, comme règle générale, que tout gaz inflammable, formé à chaud, contient non-seulement des vapeurs inflammables de la nature de celles qui ont été trouvées par M. Faraday, mais qu'il renferme encore de l'oxyde de carbone. Or, comme les analyses les plus exactes faites avec les trois gaz inflammables, dont deux provenaient de la formation houillère antérieure, et l'autre d'une formation très-récente, n'ont fait voir la présence ni des premiers ni du dernier, la théorie et l'expérience se réunissent en faveur de mon opinion.

Il ne reste donc plus qu'à supposer que, dans les gaz des mines, il peut se trouver des vapeurs inflammables d'une nature toute différente de celle des vapeurs dont Faraday a démontré l'existence. Dans ce cas, on n'aurait qu'à élever la question : Si ces vapeurs s'y rencontrent en quantité assez grande pour pouvoir augmenter à un haut degré la combustibilité des gaz inflammables des mines? Sans entrer, à ce sujet, dans de plus amples détails théoriques, nous ne nous tiendrons qu'à ce qui peut être de quelque importance pour le but pratique de ce mémoire.

La quantité d'oxygène qu'exige le gaz inflammable pour sa combustion, et la quantité d'acide carbonique qui est formée, nous fournissent le moyen de juger de sa nature détonante. En effet, plus l'oxygène dépasse le volume double, et l'acide carbonique le volume égal du gaz hydrogène protocarboné, plus il se rencontre, dans l'air, nécessairement d'une seconde combinaison du carbone avec l'hydrogène qui contient plus de

carbone que l'hydrogène protocarboné. Dans ce cas, peu importe que cette seconde combinaison soit du gaz oléfiant ou tout autre composé *isomérique* avec ce dernier.

Ainsi la question sur la nature de ce carbure d'hydrogène n'a que peu d'importance pour la pratique. Toute la recherche pour déterminer la nature détonante d'un gaz inflammable de mines donné, se réduit donc à comparer la quantité d'acide carbonique formée, après sa détonation avec de l'oxygène, à celle du gaz que l'on a employé. Cette recherche est bien simple, si le gaz inflammable des mines ne renferme pas de parties constituantes incombustibles, de l'azote, par exemple, et s'il peut être recueilli sans air atmosphérique. Dans le cas contraire, la recherche présente quelques difficultés.

Une telle recherche devient encore plus simple, si la nature détonante du gaz inflammable est évaluée d'après le maximum d'air atmosphérique, au delà duquel il ne se produit plus de détonation. Le chapitre suivant contient des détails à ce sujet.

Abstraction faite de toutes les expériences chimiques, on trouve enfin la nature détonante d'un gaz inflammable de mines quelconque par des expériences dans des soufflures ou dans une excavation supérieure, comme on le voit par le chapitre VII.

De quelque manière qu'on détermine la nature détonante d'un gaz inflammable, le résultat sera toujours le même. En effet, plus un gaz inflammable consomme d'oxygène par sa détonation, et plus il produit d'acide carbonique, plus sa nature explosive est grande : c'est-à-dire plus est considérable la quantité d'oxygène ou d'air atmosphérique avec laquelle il peut être mélangé, sans perdre sa nature détonante, et plus les ouvertures dans les tissus doivent être petites, pour que l'incendie ne soit pas communiqué au dehors.

Si l'on compare entre eux les deux gaz inflammables *B* et *C*, on trouve confirmé ce que je viens d'avancer.

1° Le gaz *C* exigea pour sa détonation plus d'oxygène et produisit plus d'acide carbonique que le gaz *B*.

2° Le gaz *C* peut être mélangé avec un peu plus d'air atmosphérique que le gaz *B*, avant qu'il perde sa nature détonante.

3° Enfin (chap. VII), pour que l'incendie ne soit pas communiqué au dehors, le gaz *C* exige des tissus à ouvertures plus étroites que le gaz *B* (chap. VII). On voit, du reste, si l'on compare entre eux ces résulats, que la méthode 1 et 3 permet de trouver les différences de deux gaz inflammables par rapport à leur nature explosive, à un degré plus sensible que la méthode 2.

Je crois avoir démontré à l'évidence qu'il existe, dans les gaz inflammables des mines, un carbure d'hydrogène, contenant plus de carbone que d'hydrogène protocarboné. Je n'ajouterai que les observations suivantes.

On sait que la flamme des gaz inflammables, renfermant du gaz oléfiant et des vapeurs inflammables, est seule propre à l'éclairage. On sait de plus qu'il n'y a que ces dernières substances inflammables qui déposent de la suie, si des corps froids sont introduits dans leur flamme. Sans faire l'analyse chimique d'un gaz inflammable quelconque, qui sort de l'intérieur de la terre, on peut, au moyen des signes caractéristiques ci-dessus, reconnaître la présence du gaz oléfiant ou d'un autre carbure d'hydrogène isomérique avec ce dernier. Or, j'ai déjà cité, dans le chapitre précédent, quelques exemples de gaz inflammables qu'on a fait servir à l'éclairage. J'y ajoute encore les suivants.

Le village de Frédonia, dans la partie orientale de New-Yorck, est tout à fait éclairé par le gaz qui provient d'un trou qu'on a pratiqué dans le sol, à travers une roche calcaire fétide (1). Le gaz inflammable, à Szlatina (chap. I, p. 218) brûle

---

[1] *Journal de Silliman*, tome XVII, p. 398. — *Journ. of the roy. Inst.*, tome I, p. 203. — *Annales de chimie et de physique*, tome XLV, p. 443.

avec une flamme assez blanche, bleuâtre à la partie inférieure, semblable à celle de l'alcool mêlé à de l'huile de térébenthine. Si la flamme passe sur des corps froids, elle dépose de la suie. M. Heusser, à Obernkirchen, m'a raconté que, dans les mines de ce territoire, il se montre, lors de violentes explosions, une fumée noire qui noircit également les outils des mineurs. Je fais remarquer que ce sont ces mines où j'ai recueilli le gaz *C*, qui contient 16 p. c. de gaz oléfiant.

D'un autre côté, M. Hess a analysé tout récemment le célèbre gaz inflammable aux environs de Baku, près de la mer Caspienne; d'après cette analyse il ne serait composé que d'hydrogène protocarboné.

CHAPITRE III.

COMBUSTIBILITÉ ET NATURE DÉTONANTE DES GAZ INFLAMMABLES DES MINES.

Il est connu que la combustion d'un gaz inflammable peut avoir lieu de deux manières : premièrement, avec une détonation plus ou moins violente, deuxièmement, sans détonation. L'un ou l'autre cas a lieu selon les proportions du gaz inflammable et de l'oxygène. On sait que, pour chaque gaz inflammable, il y a pour l'oxygène un minimum et un maximum qui forment les extrêmes entre lesquels la combustion a lieu avec détonation. Si la quantité de l'oxygène se trouve au-dessous du minimum ou dépasse le maximum, il n'y a ou pas de combustion ou tout au plus une combustion qui n'est que faible. Ainsi un mélange de gaz inflammable et d'oxygène est détonant, si ce dernier n'est ni au-dessous du minimum, ni au-dessus du maximum.

Pour les travaux d'exploitation des mines de houille, il est important de connaître seulement dans quels rapports les gaz inflammables des mines et l'air atmosphérique doivent se trouver,

pour que les mélanges deviennent détonants. Déjà depuis longtemps on nomme ces mélanges *mofettes inflammables* (feu grisou, grisoux, crouwin). Ainsi les gaz inflammables des mines ne sont dangereux que lorsqu'ils s'accumulent à tel point qu'ils forment avec l'air atmosphérique des mélanges détonants.

Comme la pesanteur spécifique de ces gaz inflammables ne vaut qu'environ la moitié de celle de l'air atmosphérique, (Chap. II, pag. 253), ils s'élèvent toujours et s'amassent au toit des galeries. C'est ce qui a lieu surtout si l'air n'est pas en mouvement; ainsi, lorsqu'on ne travaille point dans la mine ou qu'il n'y a pas de passage d'air ou tout au plus un faible courant. Les gaz inflammables, en s'élevant, forment d'abord au toit des mélanges détonants; et c'est ainsi que l'on trouve dans une galerie différentes couches d'air. Vers le mur, il y a une couche dans laquelle on remarque à peine quelque trace de gaz inflammable; plus les couches sont élevées, plus le gaz inflammable augmente. Si le dégagement du gaz inflammable continue pendant longtemps, sans qu'il y ait de mouvement dans l'espace, il peut s'accumuler au toit et chasser l'air atmosphérique au point que ce dernier s'abaisse jusqu'au-dessous du minimum, où il peut y avoir encore une détonation.

C'est ainsi que, muni de la lampe de sûreté, j'ai visité une *gralle* (vallée), qui, depuis plusieurs jours, avait été abandonnée par les ouvriers, à cause de l'amas considérable des grisoux. Vers le mur, on remarquait à peine du gaz inflammable. Si l'on élévait un peu la lampe de sûreté, la flamme qui s'allongeait montrait la présence du gaz inflammable; si au contraire on élevait la lampe jusque tout près du toit, elle s'éteignait. Il y avait donc ici différentes couches de gaz : à la partie inférieure, il y avait de l'air atmosphérique presque pur, ou tout au plus avec un mélange de gaz inflammable à peine sensible; à la hauteur moyenne, il y avait un mélange détonant; et, au toit, du gaz inflammable avec si peu d'air atmosphérique, que le mélange cessait d'être détonant.

Il est clair qu'un tel espace peut se remplir tout à fait d'un

mélange détonant, si, par quelque mouvement, les couches de gaz se mélangent entre elles. De là il peut arriver que toute la masse de gaz devienne détonante, si les mineurs travaillent dans un tel espace. Il peut aussi arriver que la couche de gaz détonante, qui s'est formée à la hauteur moyenne, se disperse par le mouvement, s'il n'y a pas assez de gaz inflammable pour que tout l'espace, par exemple, d'une taille, puisse se remplir d'un mélange de gaz détonant; ou, dans le cas contraire, s'il s'est accumulé au toit une prodigieuse quantité de gaz inflammable, il se peut que, par le mélange des différentes couches de gaz, tout le mélange gazeux devienne incapable de produire une détonation. Dans ce dernier cas, il peut pourtant y avoir une explosion, si, par l'aérage ou par un mouvement d'air quelconque, il est amené d'endroits éloignés de l'air atmosphérique qui rend le mélange capable de détoner. Il est évident par soi-même qu'il peut y avoir également une explosion dans le premier cas, si le dégagement du gaz continue.

On voit de là que, par la présence des mineurs, c'est-à-dire, par leur mouvement en marchant et en travaillant, les rapports peuvent se changer, de manière que l'air qui les environne devienne tantôt plus dangereux, tantôt moins dangereux.

Souvent les gaz inflammables se dégagent avec une telle rapidité qu'il se forme des mélanges détonants, si les tailles ne sont abandonnées que pendant un quart d'heure, tandis qu'il ne s'en forme pas si l'on y travaille. On conçoit que la lampe des mines, en brûlant, consume toujours une partie du gaz inflammable.

Heureusement il y a un moyen simple pour reconnaître la présence du gaz inflammable, longtemps avant qu'il forme avec l'air atmosphérique un mélange détonant. Si, avec la lampe ordinaire des mines, on entre dans un espace où il ne se trouve même qu'une petite partie de gaz inflammable, le gaz contenu dans l'air atmosphérique qui environne la flamme de la lampe, brûle avec une faible flamme bleuâtre. Or, l'œil n'est pas en état de distinguer cette flamme qui environne celle de la lampe

comme un nimbe, parce qu'il est ébloui par la flamme éclatante de la mèche. Mais on aperçoit très-distinctement ce nimbe bleuâtre, si l'on tient la main entre la flamme de la lampe et l'œil, et que l'on en couvre cette dernière. Si l'aérage est suffisant, ce nimbe ne se montre pas, même dans le voisinage de fortes soufflures : car, par le mouvement de l'air, le gaz inflammable se disperse tellement dans l'air atmosphérique, qu'il s'y perd. Mais, si l'aérage est faible ou tout à fait empêché, et qu'il se dégage du gaz inflammable, le nimbe n'échappe jamais à l'observateur attentif : c'est pour lui un signe qui l'avertit de l'approche du danger. Dans ce cas, le mineur ne devrait jamais avancer plus loin avec la lampe brûlante, à moins qu'il ne vienne dans les espaces où il y a un courant d'air suffisant.

Mais il faut bien envisager ce qui a été dit plus haut, par rapport à la répartition inégale du gaz inflammable. Il ne suffit pas de tenir la lampe comme le mineur a coutume de la porter ; mais il faut la tenir aussi près que possible du toit, pour que même les moindres traces du gaz inflammable n'échappent pas à l'observation. Même s'il y a un aérage suffisant, il n'est pas rare de trouver de cette manière des gaz inflammables dans de petites cavités du toit. Mais ce sont là des amas locaux qui n'apportent aucun danger au mineur.

Une règle dont il ne faudrait jamais dévier, si l'on remarquait le nimbe bleuâtre, autour de la lampe des mines, ce serait de l'échanger toujours contre la lampe de sûreté, lorsqu'on est obligé d'avancer plus loin. Il ne faudrait jamais visiter, avec la lampe ordinaire des mines, des endroits qui ne prennent part à l'aérage ni médiatement ni immédiatement, puisque, dans ce cas, il est toujours possible qu'ils soient remplis de grisoux. Quelquefois on ne remarque pas de trace d'un nimbe bleuâtre, même tout à fait dans le voisinage de tels endroits, et quelques pas plus loin il s'ensuit une explosion.

Les phénomènes que présente la lampe de sûreté, dans les mélanges détonants et non détonants, seront examinés plus

bas, dans le chapitreVI. M. Davy (1) a fait quelques expériences sur la combustibilité et la nature détonante du gaz inflammable des mines. Il a trouvé qu'en mêlant 1 partie d'air inflammable à 2 d'air atmosphérique, le mélange brûle à l'approche d'un corps embrasé, sans détonation : 2 et même 3 parties d'air atmosphérique, mêlées à 1 d'air inflammable, produisent le même effet. Le mélange de 4 parties d'air atmosphérique et d'une d'air inflammable, formant un volume de 6 à 7 pouces cubes, et enfermé dans une bouteille à goulot étroit, s'enflamme à l'approche d'une chandelle allumée; la flamme descend dans la bouteille sans bruit. Une partie d'air inflammable, et 6 d'air atmosphérique, traitées de même, produisent un léger bruit par leur inflammation : 1 partie d'air inflammable et 8 d'air, produisent un bruit plus fort. Le mélange d'une partie d'air inflammable et de 9, 10, 11, 12, 13 et 14 d'air atmosphérique s'enflamme encore; mais la détonation est moins violente. La chandelle brûle, sans détonation, dans le mélange d'une partie d'air inflammable sur 15 d'air atmosphérique; mais la flamme s'élargit, et cet effet a lieu dans les mélanges intermédiaires entre ce dernier et celui d'une partie sur 30 : seulement l'agrandissement de la flamme diminue graduellement.

Le mélange qui possède au plus haut degré la vertu détonante, est celui de 7 ou 8 parties d'air atmosphérique sur 1 d'air inflammable des mines; mais l'explosion de 50 pouces cubes de ce mélange est moindre que celle que produit $\frac{1}{10}$ d'un mélange de 2 parties d'air atmosphérique et d'une de gaz hydrogène.

Il était très-important de déterminer le degré de chaleur convenable pour faire détoner l'air inflammable des mines, lorsqu'il est mêlé dans la proportion requise avec l'air atmosphérique.

M. Davy a observé qu'une faible étincelle électrique ne fai-

---

(1) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. I, pag. 140.

sait point détoner 5 parties d'air et 1 de gaz ; tandis que 6 parties d'air et 1 de gaz détonaient; mais qu'une très - forte étincelle, produite par une décharge de la bouteille de Leyde, déterminait la détonation des différents mélanges, tout comme la lumière d'un flambeau. Un charbon bien brûlé ne donnant plus de flamme, chauffé au rouge intense, n'a fait détoner aucun mélange; on a soufflé sur ce charbon un mélange susceptible de détoner, sans produire aucune inflammation. Un fer chauffé au plus haut degré de chaleur rouge, et au degré ordinaire de chaleur blanche, n'a pas pu enflammer le mélange détonant; mais, lorsqu'il est en pleine combustion, il le fait détoner (1).

Les résultats de ces expériences s'accordent très-bien avec ceux que j'ai obtenus. Ainsi, j'ai trouvé que le gaz inflammable de la soufflure *B* (chap. II, p. 253), qui est du gaz hydrogène protocarboné presque parfaitement pur, cesse d'être inflammable par une très-forte étincelle produite par une décharge de la bouteille de Leyde, lorsqu'une partie est mêlée avec moins de 5 ou avec plus de 13 parties d'air. Quelques jours après, lorsque j'ai répété ces expériences, toutes les circonstances restant les mêmes, un mélange de 1 partie de gaz inflammable et de 6 parties d'air ne put être amené à détoner, pas même par les plus fortes étincelles que donnait une bouteille de Leyde, tandis qu'un mélange de 1 partie de gaz et de 14 parties d'air atmosphérique détonait encore.

Il s'ensuit que M. Davy a fait ses expériences en employant aussi du gaz hydrogène protocarboné presque parfaitement pur; car, lorsque le gaz inflammable est mêlé avec un peu de gaz azote, il perd à un haut degré sa vertu détonante. Ainsi, l'autre gaz inflammable de la soufflure *A*, qui contient 16 p. c. de gaz azote, cesse déjà d'être inflammable par une très-forte étincelle électrique, lorsqu'une partie du gaz est mêlé

(1) Voy. chap. II, pag. 69.

avec moins de 7 ou avec plus de 10 parties d'air atmosphérique.

Selon M. Davy, l'azote mêlé, dans la proportion d'une jusqu'à 6 parties, à un mélange de 12 d'air et d'une d'air inflammable, l'a privé de sa vertu détonante. Lorsqu'une partie d'azote est mêlée avec 7 parties d'un mélange détonant, on n'aperçoit qu'une légère flamme bleue à travers le mélange.

Davy a trouvé qu'il suffit d'une partie d'acide carbonique pour ôter à 7 parties d'un mélange détonant la propriété de détoner; ses effets sont plus remarquables que ceux de l'azote, probablement par rapport à sa plus grande capacité pour la chaleur et à son pouvoir conducteur lié à sa plus grande densité.

Toutes ces recherches sont d'une grande importance pour l'emploi de la lampe de sûreté dans les mines. Si l'on peut recueillir du gaz inflammable des mines parfaitement pur, par exemple, comme il se dégage d'une fissure ou d'un trou, on peut déterminer sa combustibilité d'une manière bien simple.

On mêle une partie d'air inflammable avec moins de 5 ou 6 parties et une autre fois avec plus de 13 ou 14 parties d'air atmosphérique, et on enferme le mélange dans une bouteille à goulot étroit. Si ce mélange s'enflamme à l'approche d'une chandelle allumée, et que la flamme descende sans bruit dans la bouteille, on peut en conclure que le gaz inflammable ne contient pas une quantité considérable d'un autre gaz inflammable que de gaz hydrogène carboné.

Si, pour s'enflammer avec détonation, une partie du gaz exige plus de 5 ou 6 parties et moins de 13 ou 14 parties d'air atmosphérique, on peut conclure, d'après le résultat de mes expériences avec le gaz inflammable des mines qui contient 16 p. c. d'azote, qu'un autre gaz non inflammable s'y trouve mélangé. Dans les deux cas, et d'autant plus dans le dernier, chaque tissu métallique qui a empêché l'explosion, dans des mélanges détonants d'air atmosphérique et d'hydrogène carboné pur, mettra parfaitement à l'abri de tout danger dans les grisoux formés par le gaz en question.

Faisons pour un moment la supposition très-invraisemblable qu'un gaz inflammable des mines contienne de l'oxyde de carbone : on peut découvrir la présence de ce gaz dangereux de la manière indiquée. D'après mes expériences, un mélange de parties égales de ce gaz et d'air atmosphérique détone, avec le plus de violence, par une étincelle de la bouteille de Leyde; un mélange d'une partie d'oxyde de carbone et de 2, 3, 4 parties d'air atmosphérique, détone encore très-fortement; mais, s'il y a 5 parties d'air atmosphérique, la détonation est faible, et s'il y en a 6, elle est nulle. Un mélange de $\frac{3}{4}$ ou $\frac{4}{5}$ de partie d'hydrogène protocarboné, et de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ partie d'oxyde de carbone, détone encore très-violemment avec 5 parties d'air atmosphérique; même, s'il n'y a que 4 parties d'air atmosphérique, la détonation est encore forte. Or, selon M. Davy, une très-forte étincelle, produite par une décharge de la bouteille de Leyde, déterminait la détonation des différents mélanges, tout comme la lumière d'un flambeau, ainsi les mélanges cités brûleront à l'approche d'un corps embrasé de la même manière que par une forte étincelle électrique. Si donc il arrive qu'un mélange d'une partie de gaz inflammable des mines et de 4 ou 5 parties d'air atmosphérique donne encore lieu, par son inflammation, à une forte détonation, on peut en conclure très-vraisemblablement à la présence d'oxyde de carbone.

Du reste, je ne crois pas qu'un gaz inflammable de mines quelconque contienne jamais de l'oxyde de carbone, puisque ce gaz semble n'être formé que par la décomposition de substances carbonifères à une température élevée. Or le gaz inflammable des mines, de même que celui des marais, ne se forme qu'à la température ordinaire, par l'intermède de l'eau.

Comme les gaz inflammables des mines que j'ai analysés (chap. II) contenaient du gaz oléfiant, il n'est pas invraisemblable qu'il peut y avoir d'autres gaz de mines qui contiennent ce gaz en une quantité telle que leur combustibilité et leur nature détonante soient considérablement augmentées.

Selon les expériences de M. Dumas (1), le gaz inflammable provenant de la distillation de l'huile cesse d'être inflammable par une forte étincelle produite par une décharge de la bouteille de Leyde, lors qu'une partie est mêlée avec moins de 8 ou avec plus de 20 parties d'air atmosphérique. Ces résultats furent obtenus en hiver, à une température de 5 ou 6° C.; il est possible qu'en été ces limites soient encore plus éloignées l'une de l'autre. Le gaz était tel qu'il est employé pour les lanternes portatives; et, sur 100 parties, il en contenait 18 qui, dans l'espace de quelques minutes, furent absorbées par l'acide sulfurique concentré.

On voit donc qu'un gaz inflammable des mines, qui contient une quantité sensible de gaz oléfiant et de vapeurs inflammables qui sont absorbées par l'acide sulfurique concentré, supporte une quantité d'air atmosphérique plus considérable que l'hydrogène carboné pur, sans perdre sa nature détonante. Par les raisons indiquées dans le chapitre II, il n'est pas vraisemblable, du reste, qu'un gaz inflammable de mines contienne jamais des vapeurs inflammables.

Les considérations faites jusqu'à présent montrent que tout employé des mines est en état de déterminer la combustibilité et la nature détonante d'un gaz inflammable qui se dégage d'une fissure ou d'un trou. Il suffit qu'il n'ait que la dextérité de recueillir un gaz dans un flacon, et de le mélanger avec l'air atmosphérique dans des proportions déterminées. Si ces expériences simples sont répétées de temps en temps, on s'assurera bientôt si le gaz inflammable change ou reste le même. Si, de cette manière, on apprend à connaître la combustibilité et la nature détonante du gaz inflammable, il sera facile de juger s'il forme des grisoux plus ou moins dangereux, et quel est le degré de précaution qu'il faut prendre.

Mais, même dans le cas où le gaz inflammable ne se dégage

---

(1) *Annales de l'industrie*, mai 1829.

pas de fissures ou de trous, et où, par conséquent, il ne peut pas être recueilli pur, il y a des moyens simples pour déterminer sa combustibilité et sa nature détonante.

C'est ainsi que, dans les mines de houille de la principauté de Schaumburg, on est depuis longtemps dans l'habitude de déterminer de la manière suivante la combustibilité et la nature détonante des grisoux qui s'y rencontrent. Un mineur, muni d'une bouteille remplie d'eau, pénètre sans lampe dans des espaces où il s'en trouve; il y vide la bouteille et la bouche. Après, on examine le gaz dans un lieu sûr, dans la cuve pneumatique, on en remplit un petit verre cylindrique et on l'enflamme. Si le gaz brûle sans bruit, on n'hésite pas à visiter avec la lampe ordinaire des mines les lieux infectés de grisoux; dans le cas contraire, on se sert de la lampe de sûreté, ou, par un aérage suffisant, on tâche d'éloigner les mofettes inflammables.

Déjà souvent j'ai fait observer que le gaz inflammable qui se dégage dans un lieu tranquille, s'accumule de préférence au toit, tandis que vers le mûr il est souvent à peine sensible : ainsi, il est bon de prendre en même temps l'air du toit et du mur, et de le recueillir dans deux bouteilles, ou de mélanger les gaz par un mouvement fait avec les mains, avant de les recueillir.

Sans exiger trop des employés des mines, on pourrait encore aller un peu plus loin, et examiner si, dans le gaz inflammable des mines, il se trouve une quantité de gaz oléfiant plus ou moins considérable. Le procédé est très-simple : dans la cuve pneumatique on fait passer le mélange gazeux que l'on a recueilli à travers une dissolution de chaux qui absorbe l'acide carbonique qu'il pourrait contenir. Après cela, on mesure une certaine quantité du mélange gazeux, que l'on fait passer dans un flacon d'hyalite noir, et on y ajoute à volonté du chlore, par exemple, en quantité égale. Après que les deux gaz ont été en contact l'un avec l'autre, pendant quelques heures, on les fait passer dans un autre flacon noir qui contient

une dissolution de potasse étendue d'eau, pour que le chlore soit absorbé (1).

Si la quantité du gaz restant vaut moins que celle du gaz employé à l'expérience, il y a eu du gaz oléfiant absorbé, et la quantité en est déterminée immédiatement par la diminution de volume. Si l'on veut obtenir plus d'exactitude, il faut examiner préalablement une portion du chlore, dont on se sert pour l'expérience : on en mesure une certaine quantité que l'on lave avec une dissolution de potasse étendue d'eau. Le résidu montre combien le chlore dont on s'est servi contenait d'air atmosphérique : quantité qu'il faut soustraire du volume obtenu en dernier lieu.

Toutes ces expériences exigent si peu de connaissances chimiques et si peu d'habileté, qu'elles peuvent être faites par tout employé de mines qui connaît tant soit peu la chimie. On peut, à la rigueur, comme je m'en suis assuré moi-même, dans l'espace de quelques jours, rendre un mineur capable de faire ces expériences avec une exactitude suffisante. Les appareils employés dans ces expériences sont très-simples et ne coûtent guère. Il ne faut que quelques bouteilles ordinaires, quelques flacons de verre d'hyalithe noir, un tube gradué pour mesurer le gaz, un matras pour dégager le chlore et une cuve pneumatique. On peut aussi se procurer facilement ces matériaux : la chaux, la potasse, le sel marin, le péroxyde de manganèse et l'acide sulfurique.

Certes, l'avantage qu'offrent ces expériences n'est pas peu considérable. On apprend par là à connaître l'ennemi de l'exploitation des mines, et on devient à même de s'armer contre lui. Cette connaissance nous délivre tant d'une crainte hors de saison que d'une insouciance téméraire; elle nous engage à ne pas nous fier au hasard, mais à prendre dans tous les cas les

(1) J'ai trouvé qu'il faut plusieurs heures pour que tout le gaz oléfiant soit transformé en éther chloré.

mesures nécessaires pour éloigner tout danger, ne fût-il que possible.

D'après les expériences de M. Davy, l'air inflammable des mines diffère beaucoup des autres gaz inflammables, en ce qui concerne la combustibilité. Le gaz oléfiant, mêlé avec l'air atmosphérique, dans la même proportion, est brûlé par le fer et le charbon, chauffés à un rouge faible. L'oxyde gazeux du carbone, qui détone avec 2 parties d'air, est également enflammé par le charbon et par le fer chauffés au rouge. Le gaz hydrogène, qui détone avec $\frac{3}{7}$ de son volume d'air, s'enflamme par le fer et par le charbon, chauffés à une faible chaleur; et il en est de même de l'hydrogène sulfuré.

Comme, selon M. Davy, une très-forte étincelle électrique détermine la détonation des mélanges détonants, tout comme la lumière d'un flambeau, et comme les expériences faites à l'aide d'un tube à détonation donnent des résultats plus exacts que ceux que l'on obtient en enflammant ces mélanges avec un flambeau, j'ai toujours employé une très-forte étincelle, produite par une décharge de la bouteille de Leyde, pour déterminer la combustibilité des mélanges détonants.

La figure (voir *fig*. 3, pl. I) fait voir comment j'ai fait mes expériences.

Sous le pont *ab* de la cuve pneumatique, est vissé un petit robinet *h*, auquel se trouve luté un petit flacon *c*, dont le fond a été coupé. La contenance du flacon est égale au volume de 77 grains d'eau. Il sert de mesure pour les gaz. Sur le pont est placé le tube à détonation par lequel passent deux fils de platine; il est retenu par le bras *d*. Après qu'il a été rempli d'eau et que le robinet a été fermé, on remplit le flacon de gaz inflammable au moyen d'un entonnoir; après cela, on le ferme avec le bouchon. Si une petite bulle de gaz s'élève à travers l'eau de la cuve pneumatique, on est sûr qu'il est tout à fait rempli de gaz. Mais, s'il ne se montre pas de bulle, il faut encore introduire du gaz. De cette manière, on voit aisément s'il y a toujours dans le flacon le même volume de gaz. Si

maintenant on ouvre le robinet et le bouchon de verre, le gaz monte dans le tube à détonation. Il est bon de retirer insensiblement le bouchon, pour que le gaz ne monte pas trop vite et qu'il ne se perde rien. Après qu'on a introduit dans le tube à détonation 1 partie de gaz inflammable, on y ajoute successivement 1, 2, 3..... parties d'air atmosphérique, et on fait passer chaque fois une forte étincelle électrique par les fils de platine. De cette manière, on trouve le minimum d'air atmosphérique qui fait encore détoner le mélange. Comme dans un tube de verre étroit (mes tubes à détonation ont à peu près 7 lignes de diamètre intérieur et une longueur de 26 pouces), le gaz inflammable et l'air atmosphérique ne se mélangent que très-lentement et difficilement, il peut arriver parfois que, par cette raison, il ne s'en suit pas de détonation. Ainsi, il faut toujours mélanger soigneusement les deux gaz, ce qui se fait en fermant le tube avec le pouce et en le retournant à plusieurs reprises. Il est également bon d'introduire d'abord l'air atmosphérique, pour que le gaz inflammable, qui est plus léger, soit contraint de passer à travers lui. Cette précaution *seule ne suffit* pas; il ne faut jamais négliger de retourner le tube.

Il faut mélanger les gaz avec un soin particulier, si l'on cherche le maximum de l'air atmosphérique qui produit un mélange détonant. En effet, il est évident que si, dans l'espace du tube où la décharge a lieu, l'air atmosphérique se trouve dans des rapports plus petits ou plus grands que dans les autres parties, il s'ensuit une détonation dans le premier cas, et qu'il n'y en a pas dans le second, mais que, dans les deux cas, on obtient un résultat fautif. Il est en général bien plus difficile de trouver le maximum que le minimum de l'air atmosphérique où le mélange cesse d'être détonant.

Si, en déterminant le minimum, on est très-près du rapport où cesse la nature détonante du mélange gazeux, il s'ensuit encore, à une certaine proportion du mélange, une forte détonation; si, au contraire, ce rapport devient tel qu'il y ait une partie d'air atmosphérique de moins, il n'y a pas la moindre

trace de détonation. Si, par exemple, la limite de la combustibilité est 1 partie de gaz inflammable sur 7 parties d'air atmosphérique, 1 partie d'air inflammable avec 6 parties d'air atmosphérique ne détonera pas le moins du monde. Il n'en est pas ainsi dans la détermination du maximum. Effectivement, plus l'air atmosphérique dépasse la quantité où a lieu la détonation la plus forte, plus la violence de la détonation diminue. Il arrive bientôt qu'il s'ensuit à la vérité une détonation, mais que toute la quantité du gaz inflammable n'est plus consumée; car, plus l'air atmosphérique augmente, moins il disparaît de gaz, après la détonation. La détonation devient toujours moins forte, et finit par devenir si faible qu'on ne peut plus la distinguer du bruit produit par l'étincelle électrique elle-même. Il ne reste alors qu'à voir, immédiatement après la détonation, s'il y a eu encore une diminution sensible dans le volume du gaz. Si l'on n'en remarque pas, on peut être sûr d'avoir atteint la limite. Ici il faut encore faire attention surtout à deux circonstances. Par le passage de l'étincelle électrique, il y a une dépression de l'eau dans le tube à détonation, même si aucune détonation n'a eu lieu; ce qui arrive sans doute par suite de la chaleur produite par l'étincelle électrique, d'où résulte une dilatation du gaz; mais, dans ce cas, l'eau reprend à l'instant son état antérieur. La seconde circonstance, c'est que, même s'il n'y a pas eu de détonation, il y a pourtant une petite quantité de gaz consumée par l'étincelle électrique. En effet, de même que, dans un espace ouvert, le gaz inflammable brûle partiellement, s'il ne forme plus avec l'air atmosphérique de mélange détonant, comme le montre le nimbe qui entoure la flamme de la lampe, ainsi il y a encore, dans les mêmes circonstances, combustion d'une petite partie du gaz inflammable dans le mélange gazeux contenu dans le tube; mais ce qui est consumé par *une* étincelle, quelque forte qu'elle soit, est si peu de chose, qu'on ne peut plus le remarquer.

Lorsque j'eus l'occasion de recueillir et d'analyser le gaz inflammable de la soufflure *C*, je commençai par en déterminer

la combustibilité et la nature détonante, d'après le procédé qui vient d'être indiqué. D'abord, j'obtins des résultats si différents de ceux que m'avait fournis le gaz inflammable de la soufflure *B*, que je croyais en effet avoir entre les mains un gaz tout à fait différent. Ce ne fut qu'après plusieurs expériences inutiles que je parvins à connaître les conditions dont dépend l'exactitude des résultats : c'est principalement du mélange intime des deux gaz dont j'ai déjà parlé.

Lorsque je fis les expériences avec le gaz inflammable de la soufflure *B*, je ne mélangeai pas bien soigneusement les deux gaz; je me défiais donc en quelque sorte de ces expériences. Heureusement j'avais encore en réserve quelques bouteilles remplies du gaz de la soufflure *B*. Je répétai par conséquent mes expériences antérieures. Pour avoir des résultats qui pussent être comparés entre eux par rapport à la combustibilité et à la nature détonante des deux gaz inflammables *B* et *C*, je fis les expériences alternativement. De cette manière, les diverses influences extérieures, la température inégale de l'air extérieur, de l'eau de la cuve, l'intensité inégale des étincelles électriques, se compensèrent entre elles.

Les résultats d'un grand nombre d'expériences avec les deux gaz inflammables *B* et *C* sont les suivants :

1° Une partie du gaz inflammable de la soufflure *B*, avec 16 parties d'air atmosphérique ne détona pas, même lorsqu'on fit passer par le mélange deux fortes étincelles de la bouteille de Leyde.

2° Une partie de gaz inflammable de la soufflure *C* avec 16 parties d'air atmosphérique, produisit encore une détonation quoique faible.

3° Lorsque, le lendemain, ces expériences furent répétées avec le restant du gaz inflammable, ils détonèrent tous les deux; il y avait 1 partie de gaz sur 16 parties d'air atmosphérique.

4° Une partie de chacun des deux gaz inflammables pris dans des bouteilles fraîches, avec 16 parties d'air atmosphérique détona.

5° Une partie de gaz inflammable de *B* avec 17 parties d'air atmosphérique ne détona pas.

6° Une partie de gaz inflammable de *C*, avec 17 parties d'air atmosphérique, produisit encore une détonation à la vérité très-faible.

Il est possible que ce résultat inégal dans les expériences des deux jours provenait de la température inégale de l'eau de la cuve, car, le second jour, elle avait une température de 26° C., tandis que, le premier, la température n'en était que de 21° C.

7° Une partie de chacun des deux gaz inflammables détona très-fortement, avec 7 parties d'air atmosphérique.

8° Une partie de chacun des deux gaz inflammables ne détona plus, avec 6 parties d'air atmosphérique.

Ici il n'y eut donc pas de différence dans la combustibilité des deux gaz inflammables ; ce qui s'explique par l'observation générale que j'ai faite plus haut.

Malgré le résultat inégal des expériences 1-6, une chose se montra néanmoins tout à fait constante, c'est que le gaz de la soufflure *C* est un peu plus inflammable que celui de la soufflure *B*. Ce qui s'accorde bien exactement avec les résultats de l'analyse chimique (chapitre II), ainsi qu'avec ceux des expériences faites avec la lampe de sûreté (chapitre VII). On voit de là que les expériences de détonation, si elles sont faites avec les précautions indiquées ci-dessus, sont bien de nature à déterminer la combustibilité relative des différents gaz inflammables.

On peut déduire de ce qui précède quelques moyens d'affaiblir les grisoux contenus dans un certain espace d'une mine, à tel point qu'ils ne soient plus nuisibles.

En effet, supposons que, dans une mine, un espace quelconque, par exemple, une taille soit infectée de grisoux tels que le gaz inflammable fasse le onzième du mélange explosif, et qu'il faille une quantité d'air atmosphérique 16 fois plus grande que celle du gaz inflammable pour ôter au mélange ga-

zeux sa nature détonante. Il est évident qu'on atteindra ce but, si l'on parvient à mélanger avec les grisoux une quantité d'air atmosphérique qui vaut les $\frac{6}{10}$ du volume de ces derniers.

Si, par exemple, l'espace rempli de grisoux vaut 22 toises cubes, il suffira, pour ôter aux grisoux leur nature détonante, de mélanger avec eux l'air atmosphérique qui se trouve renfermé dans un espace de 12 toises cubes.

Supposons qu'une taille de 22 toises cubes qui ne prend pas immédiatement part au courant d'air, soit infectée de grisoux, et qu'on ait en vue de les détruire, en y mêlant de l'air atmosphérique, il faudrait s'y prendre de la manière suivante :

On remplit des grisoux à examiner plusieurs petites fioles de médecine ; à la première portion de gaz, on ajoute une fois ; à la seconde, deux fois autant d'air atmosphérique, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on trouve un mélange qui ne s'embrase plus avec détonation, ni par l'étincelle électrique, ni au moyen d'un flambeau. C'est de cette manière que l'on trouve la quantité d'air atmosphérique qui doit être ajoutée aux grisoux, pour qu'ils perdent leur nature détonante. Il est à observer qu'il faut, avant de remplir de grisoux les fioles ci-dessus, remuer convenablement l'air de l'espace qui contient les mofettes inflammables, afin que les différentes couches de gaz soient mélangées.

Pour que cette manière de détruire, par le mélange avec de l'air atmosphérique, la nature détonante des grisoux, trouve une application pratique, il s'agit d'indiquer des moyens qui permettent de faire ce mélange, de la manière la plus simple et la plus expéditive. Nous nous en occuperons dans le chapitre suivant.

SECONDE PARTIE.

RÉSUMÉ DES MOYENS DE METTRE A L'ABRI DES EXPLOSIONS LES OUVRIERS QUI TRAVAILLENT DANS LES MINES DE HOUILLE.

CHAPITRE IV.

MOYEN D'ÉLOIGNER DES MINES LES GRISOUX AUSSITÔT APRÈS LEUR NAISSANCE.

Rien de plus facile que d'éloigner des mines les gaz inflammables, s'ils se dégagent dans des endroits qui prennent part à l'aérage général. On remarque à peine le nimbe bleuâtre à la lampe des mines, même dans le voisinage de fortes soufflures, pourvu qu'il y règne un courant d'air suffisant. Dans ce cas, les gaz inflammables ne méritent, pour l'ordinaire, aucune attention. Il ne se présente des difficultés que lorsqu'ils se dégagent en des lieux où le passage de l'air n'est pas immédiat.

Le courant d'air est l'âme de l'exploitation des mines. Ainsi, tous les moyens dont on se sert pour amener aux mineurs de l'air frais et pour emporter l'air vicié, seront également de nature à chasser les gaz inflammables.

Ce serait une peine perdue que de vouloir prescrire ici aux administrations de mines des règles concernant le parfait aérage.

D'un côté, il faut supposer la connaissance de tout ce qui peut être fait sous ce rapport; de l'autre, on sait que le courant d'air dépend de tant de circonstances locales, qu'il est à peine possible de donner des règles à suivre pour chaque cas particulier. Il existe en outre tant d'ouvrages qui traitent exclusivement du passage de l'air dans les mines, qu'on saurait à peine y ajouter quelque chose de nouveau (1).

L'aérage peut être opéré, pour la plupart du temps, sans appareils artificiels, tant que l'exploitation des mines a encore lieu au-dessus du niveau des vallons dans le territoire houiller; c'est ce qui a lieu, par exemple, dans la plupart des mines, aux environs de Saarbrücken. La circulation de l'air alors peut être établie facilement par les galeries et les puits. Il n'en est plus de même lorsque l'exploitation des mines avance jusqu'au-dessous du niveau des vallons. L'aérage, dans ce cas, s'opère au moyen de puits en communication, et d'autant mieux que la

---

(1) Nous trouvons, dans les écrits suivants, des données sur la manière d'opérer l'aérage dans les mines de houille de la Belgique :

Morand, *L'art d'exploiter les mines de charbon de terre*. 1768, tom. II, p. 248.

Robert Moray, *Moyen qu'on emploie à Liége pour renouveler l'air dans les lieux souterrains*. Dans la collection académique, tom. VI, p. 3.

Gennelé, *Description d'une partie d'un souterrain d'où l'on tire des charbons de terre, près la ville de Liége*, dans : *Nouvelle construction de cheminée, qui garantit du feu et de la fumée, etc.*, à Paris, 1759.

Baillet, *Méthode d'exploitation pour les veines de houille sujettes au feu grisou, et moyens de prévenir les accidents terribles auxquels donne lieu l'explosion des mofettes inflammables*. JOURNAL DES MINES, n° XVIII, p. 1-10.

Tilloch, *Sur les moyens de prévenir les funestes effets des mofettes, dans les mines de houille*. Extr. du *Philos. magaz.* (janvier, 1810), traduit par Patrin, dans le *Journal des Mines*, n°. 175, p. 445.

D'Oeynhausen et De Dechen, *Bemerkungen über den Steinkohlenbergbau in den Niederlanden*, etc., dans *Archiv. fur Bergbau*, etc., par M. Karsten, tom. X, p. 107.

profondeur en est plus inégale ; toutefois, il n'est pas rare que des obstacles insurmontables s'opposent à ce qu'on fasse usage de ce moyen, qui, sans contredit, est le plus parfait dans cette circonstance (1).

La perfection de l'exploitation des mines, dans les temps modernes, ainsi que la connaissance exacte de la naissance et des propriétés des gaz inflammables des mines, dont nous sommes redevables aux recherches faites récemment dans le domaine de la géologie, de la chimie et de la physique, nous mettraient à même d'éviter bien des méprises de nos ancêtres, s'il ne s'agissait que d'établir de nouvelles mines.

Il ne serait pas difficile de conduire, dans beaucoup de cas, l'exploitation de manière que le courant d'air seul pût chasser des mines les gaz inflammables. Or, il arrive rarement qu'on établisse de nouvelles mines : on a coutume de continuer l'exploitation de celles qui sont déjà en activité depuis des siècles. C'est pourquoi on a, pour l'ordinaire, à lutter contre toutes les fautes commises par nos ancêtres. C'est ainsi que, par exemple, dans l'exploitation des houillères, aux environs de Liége, on a à vaincre bien des difficultés amenées, pour la plupart, par la méthode d'exploitation défectueuse qu'on suivait antérieurement, et qu'il est devenu pour ainsi dire nécessaire de suivre encore aujourd'hui. Dans des circonstances analogues, il est très-diffi-

---

(1) Ainsi la mine *Bouret*, dans le département de la Loire, présente un exemple frappant de l'inconvénient qu'il y a à multiplier outre mesure les exploitations, ou du moins à n'en point coordonner les travaux quand elles sont voisines. Le puits *Tiolier* et le puits *Bouret* étaient fort rapprochés ; il était tout simple de les mettre en communication pour établir la circulation de l'air dans les travaux : au lieu de cela, deux compagnies voisines tentent d'abord, à grands frais, d'opérer l'aérage séparément, pour chacun des puits, à l'aide de machines soufflantes ; et, ce moyen étant reconnu insuffisant, elles font creuser à une grande profondeur et avec de prodigieuses dépenses, deux puits d'aérage, entièrement dépourvus d'utilité, si on s'était d'abord entendu pour mettre les puits *Bouret* et *Tiolier* en communication. (*Annal. des mines*, tom. I, p. 147.)



cile, même souvent impossible aux meilleurs employés de mines de mettre en usage les moyens par lesquels les gaz inflammables des mines peuvent être éloignés de la manière la plus sûre.

Les règles générales à suivre, dans l'exploitation des houillères, pour éloigner autant que possible les gaz inflammables, peuvent être résumées en peu de mots. Il faut prendre soin de conduire régulièrement l'exploitation de haut en bas, de creuser les puits à une distance convenable les uns des autres, pour qu'il s'établisse continuellement une vive circulation d'air, et d'éviter autant que possible les excavations dans les galeries et les tailles; s'il s'en est formé, il faut au moins les masquer et les combler. Ce sont ces excavations qui ne participent pas au passage de l'air, de sorte que les grisoux s'y accumulent pour la plupart. C'est ainsi que toutes les explosions qui, depuis une série d'années, ont eu lieu dans les mines, près d'Aix-la-Chapelle, doivent être attribuées à des amas de grisoux dans de telles excavations.

Il y a des houilles qui montrent tant de tendance à dégager du gaz inflammable qu'il s'en échappe continuellement, si elles gisent dans un état de division sur le mur des tailles. Lorsqu'en plusieurs points j'enfonçai un bâton dans la houille menue qui couvrait le mur d'une taille, à la hauteur d'un pied, il se dégagea tant de gaz qu'il brûla avec une flamme haute de 4 à 6 pouces, lorsqu'il fut allumé. Ainsi il faut éviter soigneusement des amas analogues de houille menue.

Évidemment, les tailles qui ne sont pas percées, ne peuvent pas non plus participer au courant d'air, et donnent également par là lieu à des amas de grisoux. Pour empêcher que ces accumulations ne gagnent une trop grande étendue, il ne faut former que des tailles peu larges, et prendre garde de ne point faire reposer sur des piliers des parties entières d'une couche de houille, comme on le fait si souvent. Effectivement, dans le dernier cas, les tailles analogues doivent se trouver ouvertes, pendant plusieurs années de suite, et il s'y forme alors des amas considérables de grisoux.

Plus on travaille dans les tailles non percées, moins les gaz inflammables s'y accumulent, parce qu'ils sont en partie consumés par les lampes des ouvriers, en partie dispersés par suite des mouvements produits par ces derniers, et qu'ils pénètrent dans des galeries où ils sont emportés par le courant d'air. J'ai traité ce sujet avec assez de détails dans le chapitre III. C'est pour cette raison qu'on ne met jamais de mineurs à l'exploitation des tailles, dans lesquelles il se forme des grisoux.

Tous les mouvements, dans les mines, qui produisent un mélange ou une circulation de l'air ont un effet favorable. De là, on a coutume de produire, au moyen de touffes de feuillage, des mouvements rapides dans les tailles infectées de grisoux, de fouetter, en quelque sorte, les mofettes inflammables. De cette manière, il arrive souvent qu'elles sont dispersées, en très-peu de temps. On trouve de même que les mouvements qu'on imprime à l'eau, par l'écoulement ou au moyen de pompes, contribuent puissamment à leur dispersion. Si les gaz se dégagent du mur couvert d'eau, ils seront même aspirés par les pompes. C'est ainsi que tout récemment, dans la mine dite *James*, située dans le territoire houiller de l'Inde, on aspira du gaz inflammable au moyen d'une pompe à main, qui était placée dans un petit marais, dans la couche de houille, et sur le piston de laquelle il se trouvait un peu d'eau; à l'orifice d'écoulement, on enflamma, au moyen d'une lampe, le gaz, qui brûla avec une flamme longue de plusieurs pieds; ce phénomène se répéta à plusieurs reprises (1).

---

(1) Quelques expériences que j'ai faites en petit, il y a déjà longtemps, ont montré également que le gaz inflammable suit l'eau qui s'écoule. Je voulais voir s'il n'était pas possible de concentrer, dans une pompe, les dégagements d'un gaz répandu sur une surface plus ou moins grande, et de les éloigner de cette manière. A la distance de quelques pouces, au-dessus du fond d'un tonneau ouvert à la partie supérieure, on en appliqua un second, qui se trouvait percé de plusieurs trous. On adapta à ce dernier un tuyau en



Dans le chapitre III, page 278, j'ai conseillé, pour ôter la nature détonante aux grisoux qui se sont accumulés, dans une taille qui ne prend pas une part immédiate à l'aérage, de les mélanger avec une quantité d'air atmosphérique convenable. Il s'agit de décider quel est le meilleur moyen d'y parvenir. Quel que soit le moyen que l'on mette en usage, il faut avoir égard à la circonstance que le dégagement du gaz inflammable, dans les endroits où il a lieu, continue pour un temps plus ou moins long. Ainsi, le moyen dont on se sert pour opérer le mélange, doit être également continuel. Produire des mouvements dans les grisoux au moyen de touffes de feuillage, c'est un moyen dont l'effet n'est que partiel et imparfait. Les soufflets, et surtout les soufflets à ventilateur, produiront un effet plus considérable.

Un de mes amis, M. Atthaus *Oberhütten bau inspector auf der Saynerhütte*, qui a fait une série d'expériences sur l'effet des soufflets à ventilateur, a eu la bonté de me communiquer quelques données pour calculer cet effet. Si l'on suppose que l'effet d'une telle machine vaille la moitié de la force employée, ce qui est toujours possible, si elle a le mécanisme convena-

---

plomb qui, traversant tout le tonneau, aboutissait au bord supérieur. Tout l'espace du tonneau fut rempli de sable et de petites pierres. On avait auparavant mis quelques pièces de zinc dans l'intervalle formé par les deux fonds, puis on versa dans le tonneau une quantité d'eau telle qu'elle se trouvait à quelques lignes au-dessus du niveau du sable. Après cela, on versa de l'acide sulfurique par le tuyau en plomb, et on plaça par-dessus une petite pompe. Entre les deux fonds, il se dégageait par suite de l'hydrogène, qui pénétrait à travers le sable et apparaissait à la surface de l'eau sous forme de plusieurs petites bulles. Lorsque je mis en mouvement la petite pompe, et que je fis repasser dans le tonneau l'eau qui s'écoulait, je remarquai, à la vérité, une diminution du dégagement de gaz dans le sable et l'eau; mais je ne pus parvenir à le faire cesser tout à fait, quelque rapidement que je fisse agir la pompe. Non-seulement le gaz inflammable s'élevait dans le corps de pompe, mais il suivait encore l'eau qui s'écoulait par le tuyau d'écoulement. Il se montra donc ici, en petit, ce qui eut lieu pour le cas de la pompe indiquée.

ble (c'est-à-dire si la section tranversale du canal servant à conduire l'air n'est pas plus petite, ou plutôt est un peu plus grande que celle des ailes à vent) ; que, de plus, le degré de l'effet soit égal au poids d'une colonne d'eau de la hauteur de 4 lignes ou de $\frac{1}{36}$ de pied, et qu'enfin, par minute, un homme soit capable de soulever 2357 ℔ à la hauteur de 1 pied, la formule

$$\frac{1}{36} \cdot M = 0{,}5. \frac{2357}{n}$$

exprimera l'effet que peut produire un homme au moyen des soufflets à ventilateur. M désigne la quantité d'air qui est chassé au moyen des soufflets, et dont la densité est égale à la pression atmosphérique, plus celle d'une colonne d'eau haute de $\frac{1}{36}$ de pied, et *n* désigne le poids d'un pied cube d'eau. Si l'on pose $n = 60$ ℔, on trouve $M = 707$; c'est-à-dire, dans les suppositions ci-dessus, qu'un homme peut emporter par minute, au moyen des soufflets à ventilateur, 707 pieds cubes d'air (1).

Appliquons ce résultat à l'exemple donné dans le chap. III, p. 278, où l'on a trouvé qu'il faut 12 toises cubes = 2592 pieds cubes d'air atmosphérique, pour ôter la nature détonante à 22 toises cubes = 4752 pieds cubes de grisoux. On voit qu'il faut moins de quatre minutes pour souffler la quantité nécessaire d'air atmosphérique dans l'espace rempli de grisoux. Il est évident que les soufflets à ventilateur doivent être maintenus en activité, pendant un temps plus ou moins long, pour qu'il se fasse un mélange complet. On n'emploierait à ce travail pas plus d'une heure de temps.

Les calculs précédents montrent du moins que, sans employer beaucoup de force, on peut, au moyen de soufflets à ventilateur, mélanger avec de l'air atmosphérique des quantités considérables de grisoux accumulés dans un espace qui

---

(1) Tout est exprimé en poids et mesures anglais.

ne communique pas immédiatement à l'aérage, de manière à leur faire perdre leur nature détonante.

On conçoit, comme je l'ai déjà fait observer plus haut, que, dans le cas ordinaire, où le dégagement du gaz inflammable continue d'avoir lieu, il faut également faire agir les soufflets sans interruption, ou du moins à différentes reprises, pour empêcher une nouvelle formation de grisoux.

J'ai saisi l'occasion présentée par les deux soufflures *A* et *B*, pour déterminer approximativement la quantité de gaz inflammable qu'elles fournissent. Cette détermination fut simple à la soufflure *B*, dont le gaz put être recueilli dans la cuve pneumatique; on trouva que, dans l'espace de 24 heures, elle fournit 17,7 pieds cubes de gaz.

A la soufflure *C*, je ne pus évaluer la quantité du gaz qui s'écoule qu'à l'aide de la pression qui a lieu, l'orifice d'écoulement ayant un certain diamètre. Je fais observer, du reste, qu'il n'y a que la première expérience (chap. VII) où la pression était de 0,009 et l'orifice d'écoulement large de 6''',68 qui pût donner un résultat approximatif. Si, d'après la formule de M. Buff (1), on calcule la quantité du gaz qui s'écoule en une minute, on trouve 1,562 pieds cubes (de Paris); par conséquent, en 24 heures, 2249 pieds cubes (2).

Cette quantité de gaz nous donne, pour les gaz inflammables qui se dégagent de l'intérieur de la terre, une mesure qui, à mon avis, ne sera dépassée que rarement. Du moins, il est admissible que, même dans une étendue assez considérable d'une houillère, il se dégage à peine de la houille une aussi grande

---

(1) *Ueber die ausströmungsgesetze atmosphèrischer Luft in den Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde. Göttingen*, 1837, tome IV, p. 58.

(2) Dans les deux autres expériences, où la pression était plus grande et l'orifice d'écoulement plus petit, on trouva des quantités de gaz beaucoup moins considérables, attendu que, dans ces circonstances, la plus grande partie du gaz comprimé s'écoulait latéralement avec l'eau.



quantité de gaz, supposé qu'il ne s'y rencontre pas de soufflure analogue. En effet, la soufflure citée reçoit, sans aucun doute, tout le gaz inflammable qui se forme dans le schiste argileux, du moins jusqu'à la profondeur de 100 pieds. Or, même une aussi grande quantité de gaz qui se dégagerait de la houille, dans une taille où il n'y a pas d'aérage, pourrait, comme on vient de le voir, au moyen des soufflets à ventilateur, être mélangée avec assez d'air atmosphérique pour qu'elle perde sa nature détonante.

D'après mes expériences (chap. III, pag. 276 et 277), le gaz inflammable de la soufflure *C* cesse de former un mélange détonant, s'il est mêlé avec dix-huit fois sa quantité d'air atmosphérique.

Ainsi il suffit de souffler, dans l'espace, 2249 × 18 = 40482 pieds cubes d'air atmosphérique, pour produire un mélange qui ne détone plus. D'après ce qui a été dit plus haut, un homme n'emploierait pas même une heure pour faire ce travail, au moyen des soufflets en question.

On voit par ces considérations que, de cette manière, une quantité quelconque de gaz inflammable se dégageant dans une taille qui ne prend pas immédiatement part à l'aérage, mais qui communique avec une galerie ou un puits où la circulation de l'air est établie, peut être mélangée avec assez d'air atmosphérique pour qu'il ne puisse plus se produire de détonation.

Selon les localités, on peut placer les soufflets à ventilateur dans le courant d'air, et souffler l'air dans l'espace où le dégagement a lieu, c'est ce qu'on a proposé plus haut; ou réciproquement, on peut les placer dans cet espace, et souffler le gaz inflammable dans le courant d'air. Il est clair que, dans le dernier cas, il suffit de $\frac{1}{18}$ de l'effet, pour atteindre le même but. On conçoit que l'ouvrier qui met les soufflets en activité doit le faire, dans le dernier cas, ou dans l'obscurité, ou muni d'une lampe de sûreté.

Si le courant d'air vient à être interrompu, pour quelque temps, ou à changer de direction, il est possible qu'il se forme des accumulations locales de grisoux, même dans les endroits

qui sont percés, et qui conséquemment, dans des circonstances favorables, sont exposés à une circulation d'air. Cependant une interruption ou une direction opposée du courant d'air étant toujours la suite de changements de temps, un cas analogue ne saurait se présenter aisément, sans qu'on le prévoie. S'il arrive soudainement des changements de temps, il faut avoir la plus grande précaution. Toutefois, même dans un tel cas, les soufflets à ventilateur peuvent, pour la plupart, être encore d'une grande utilité, puisque les conditions sur lesquelles se basent mes propositions peuvent toujours être remplies. Du moins, on peut se figurer que, tant que dure l'interruption de l'aérage, les grisoux déjà renfermés dans l'espace et ceux qui s'y forment encore, puissent être mélangés pour quelque temps avec l'air des galeries, de manière à cesser d'être explosifs.

Si l'aérage est interrompu pour longtemps, les soufflets à ventilateur ne peuvent plus produire d'effet, et il peut s'accumuler des quantités considérables de grisoux. L'accident cité dans le chapitre V, page 303, paraît devoir être attribué à des causes analogues. Malgré l'effet du fourneau d'*aérage*, le courant d'air prit une direction opposée, et la masse entière des grisoux, accumulés dans le puits et dans la galerie, fut enflammée par le fourneau d'aérage lui-même (1).

On a également remarqué plus d'une fois que, dans le courant d'air sortant vers le jour, de petites masses de grisoux furent allumées à l'aide de lampes de mines, et emportées comme des feux-follets. L'administration du territoire houiller, dans les provinces occidentales de la Prusse, a ordonné que (2)

---

(1) M. Heusser, inspecteur des mines dans le territoire houiller, ne croit pas que cet accident ait été la suite du courant d'air qui aurait pris une direction opposée, puisque ce dernier était très-fort. On peut à la vérité s'imaginer que, si le gaz qui passait à travers le fourneau d'aérage était explosif il se soit enflammé sous la grille, et que de cette manière l'incendie ait été propagé dans la mine par tout l'espace rempli de grisoux.

(2) *Archiv für Bergbaü*, etc., par M. Karsten, tom. II, h. 2.

toutes les fois que les ouvriers seraient sortis de la mine, deux hommes visiteraient tous les points de l'exploitation, fermeraient exactement toutes les portes d'aérage, et feraient attention à tous les objets qui ont rapport au passage de l'air, et les remettraient en ordre, selon les circonstances. C'est de cette manière que l'on s'assure qu'avant le commencement de la tâche suivante, l'aérage est tel qu'il doit être, pour qu'on puisse en visiter tous les points. Si ces précautions sont négligées par les mineurs qui sortent de la mine, il en peut résulter des suites fâcheuses. Si cette règle est observée exactement, et que les mineurs, lorsque l'aérage est incomplet, ou qu'ils entrent dans un lieu où l'on n'a pas travaillé depuis longtemps, se munissent de lampes de sûreté, il est à peine quelque accident à craindre (1).

Même si, dans le cas où l'aérage étant parfait, les mineurs travaillent avec les lampes ordinaires des mines, la circulation de l'air vient à être interrompue, il n'arrive pas rarement que des accidents sont empêchés, si les mineurs portent leurs lampes en les tenant aussi près du mur qu'il leur est possible. J'ai déjà fait observer, dans plusieurs endroits, que, dans le voisinage du toit, il se rencontre très-fréquemment des grisoux, tandis que vers le mur il ne s'en montre presque pas de trace.

Il faut avoir égard à la circonstance que les gaz inflammables des mines, eu égard à leur pesanteur spécifique, ne sont chassés que difficilement d'un point supérieur vers un point inférieur, même par le courant d'air le plus fort. C'est ce qui a lieu, par exemple, si on veut les faire passer d'une taille dans la galerie la plus profonde. Ainsi, au lieu de vouloir produire un tel courant d'air qui s'oppose à la petite pesanteur spécifique des gaz inflammables, il faut mettre à profit leur tendance à s'élever vers les points supérieurs.

---

(1) Il est en général à recommander qu'on confie le soin principal de l'aérage à un homme qui connaît les lois aérostatiques; c'est ce qu'on fait à quelques mines.

En exploitant les couches de houille plus ou moins inclinées, on a également coutume d'avoir égard à cette circonstance. On évite, autant que possible, d'exploiter les couches à partir du point d'une galerie de roulage d'où elles s'élèvent, parce que, dans ce cas, les gaz inflammables s'accumulent au point de travail. Si l'on ne peut pas éviter cet inconvénient, on cesse l'exploitation dans ce sens, pour la continuer dans un sens opposé, à partir d'une autre galerie de roulage, c'est-à-dire suivant l'inclinaison de la couche. Dans ce cas, il est évident que les gaz inflammables s'éloignent du point de travail.

Depuis longtemps on a coutume de se servir de moyens artificiels pour faire passer dans les mines de l'air frais, toutes les fois que l'aérage naturel n'est pas en état de le faire; à cet effet, on a inventé et employé différentes machines.

Il serait hors de propos d'entrer dans des détails au sujet de ces machines, et de mettre en évidence leurs avantages et leurs désavantages. Je me contenterai de faire quelques observations générales relativement à leur effet pour éloigner les gaz inflammables.

J'ai déjà parlé plus haut des soufflets à ventilateur. C'est, à mon avis, de toutes les machines propres à introduire de l'air dans les mines, celle qui, lorsqu'on emploie la force la plus petite, produit l'effet le plus énergique. Si, dans la formule ci-dessus, on met au lieu de 2357 le produit de cette quantité par 14 = 33000 ℔, égal à l'effet que produit la force d'un cheval, on trouve M = 9900 pieds cubes, c'est-à-dire, qu'en employant la force d'un cheval, on peut emporter par minute 9900 pieds cubes d'air. Si l'on a à sa disposition des machines à vapeur ou des forces produites par l'eau, il est aisé de calculer quel en sera l'effet par rapport à l'aérage, et en particulier à l'éloignement des gaz inflammables des mines.

Dans les temps modernes, on fait aux houillères un usage fréquent de machines à vapeur pour transporter des mines la houille et les eaux. L'effet de ces machines est souvent plus considérable qu'il n'est exigé par le but auquel on les emploie,

surtout s'il s'agit du transport des eaux. On est donc naturellement conduit à l'idée de faire servir ces machines à introduire de l'air dans les mines ; c'est ce qui ne saurait avoir lieu qu'autant qu'elles peuvent rester dans une activité non interrompue.

Effectivement, on conçoit que, si elles venaient à s'arrêter soudainement, l'aérage pourrait en souffrir beaucoup.

Les ventilateurs ne servant qu'à favoriser l'aérage général, il est clair qu'ils ne peuvent pas être employés immédiatement à éloigner les grisoux des tailles qui ne sont pas percées. Il est vrai qu'au moyen des porte-vent, on peut faire communiquer immédiatement ces tailles avec les ventilateurs. Or, si l'exploitation des mines a gagné une grande étendue, en longueur ou en profondeur, des conduits analogues sont trop compliqués et trop dispendieux. Dans ce cas, il est à souhaiter que les localités permettent d'établir ces ventilateurs dans les mines elles-mêmes, à la proximité des endroits où les grisoux se dégagent.

Du reste, les calculs ci-dessus ont montré que, dans ces cas, la force d'un homme suffirait, pourvu que les ventilateurs aient le mécanisme convenable, et qu'on comprenne quel est l'effet qu'il s'agit de produire.

Pour le cas de l'exploitation des mines où il n'y a pas manque de matières combustibles, on se sert souvent de tocque-feu, au lieu de ventilateurs, c'est ce qui a lieu entre autres aux environs de Liége et d'Eschweiler.

Dans les houillères de la principauté de Schaumburg, les fournaux d'aérage étaient jadis construits de manière que l'air qui s'échappait du puits passait à travers la grille. La grande quantité de gaz inflammables que l'air emportait avec lui, était employée en guise de combustible. Depuis l'événement mentionné ci-dessus, où les gaz inflammables se répandirent vers la partie inférieure, et produisirent une violente explosion, on donne aux fourneaux d'aérage une construction telle que l'air sortant du puits ne peut point venir en contact avec le feu. La cheminée en fer est entourée d'un mur cylindrique, d'une hauteur plus petite, de quelques pieds, que celle de la

cheminée, afin que l'étincelle ne puisse pas donner lieu à une inflammation. On s'est assuré, dans ces contrées, que les fourneaux d'aérage construits de cette manière produisent un meilleur effet que ceux qu'on avait antérieurement (1). Par le calcul suivant, je tâcherai d'exprimer, en nombres déterminés, l'effet produit par un tel fourneau d'aérage.

D'après des expériences que l'un de mes amis, M. Atthaus, a faites sur le mouvement de l'eau, il faut, dans des conduits qui ont une section transversale égale à celle des puits et des galeries, une pente de $\frac{1}{1200}$ de la longueur du conduit, pour imprimer à l'eau une vitesse de 3 pieds par seconde. Supposé que l'air se meuve plus vite que l'eau, d'autant qu'il est plus léger que celle-ci, il faudra la pression d'une colonne d'eau haute de $\frac{1}{1200.770} = \frac{1}{924000}$ la longueur du conduit, pour imprimer à l'air une vitesse de 3 pieds par seconde.

On sait que la différence entre les pesanteurs spécifiques d'une colonne d'air froid et d'une autre d'air chaud de la hauteur du fourneau d'aérage, est la force qui produit le courant d'air. Soit h la hauteur de cette colonne d'eau exprimée en lignes, *soit* 0° la température de la colonne d'air froid, et t° C. celle de la colonne d'air chaud; nous aurons, en admettant que, pour 1° C., l'air se dilate de $\frac{1}{267}$, la différence de deux pesanteurs spécifiques égale à l'expression suivante

$$h - \frac{267h}{267 + t^{\circ}} = h\left(1 - \frac{267}{267 + t}\right).$$

Pour exprimer cette différence par la hauteur d'une colonne

(1) Il n'y a pas de doute que la cause n'en doive être attribuée à ce que l'air, obligé de passer par la grille, trouve trop d'obstacles, attendu que la substance combustible ne laisse que des intervalles de petites dimensions. Quoique, pour le cas d'une grille, l'air soit chauffé à un plus haut degré que lorsqu'on fait usage d'un fourneau de la nouvelle construction, l'effet de ce dernier sera néanmoins plus grand que celui que produit la grille.

d'eau, on n'a qu'à la diviser par la pesanteur spécifique de l'eau $= 770$, la pesanteur spécifique de l'air étant prise pour unité.

On aura alors :

$$\frac{h}{770}\left(1-\frac{267}{267+t}\right).$$

C'est cette force qui produit le courant d'air dans les puits et les galeries, ainsi que dans le conduit du fourneau d'aérage. Quant à la force nécessaire au mouvement dans ce dernier, nous la calculerons à part.

Ce conduit ayant une section transversale plus petite que les puits et les galeries, l'air passera par lui avec une vitesse plus grande que par ces derniers. D'après des règles pratiques il faut que cette vitesse ne dépasse pas 18 pieds par seconde, pour qu'on ne perde pas trop de l'effet. Ainsi pour que, d'après les suppositions ci-dessus, l'air dans les puits et les galeries se meuve avec une vitesse de 3 pieds par seconde, il faut que le fourneau d'aérage ait une section transversale qui ne vaille pas moins de $\frac{1}{6}$ de celle des puits et des galeries.

En ayant égard à la valeur de $\frac{1}{924000}$ trouvée ci-dessus, et prenant $\frac{1}{x}$ de la longueur du conduit, pour la pression de la colonne d'eau capable d'imprimer à l'air, dans le fourneau d'aérage, une vitesse de 18 pieds par seconde, on trouvera

$$\sqrt{\frac{1}{x}}=\frac{18\sqrt{\frac{1}{924000}}}{3},$$

car les vitesses sont entre elles comme les racines carrées des hauteurs de pression.

On tire de cette équation :

$$\frac{1}{x}=36.\frac{1}{924000}=\frac{1}{25666}.$$

On trouve donc $\frac{h}{25666}$ pour la force motrice de l'air dans

le conduit du fourneau d'aérage, cette force étant exprimée par la hauteur d'une colonne d'eau.

Il suit de là que l'effet réel du fourneau d'aérage, pour le mouvement de l'air dans le puits et les galeries, est

$$\frac{h}{770}\left(1-\frac{267}{267+t}-\frac{1}{25666}\right).$$

D'après des expériences faites dans des appareils servant au chauffage à l'air, on ne peut pas chauffer beaucoup au-dessus de 100° l'air contenu entre la cheminée et le mur cylindrique, sans que le fer soit attaqué trop vivement. Si nous prenons 100° C. pour la température moyenne de l'air, si le fourneau d'aérage est haut de 38 pieds = 5472 lignes, l'effet réel de ce dernier est, dans ces circonstances,

$$\frac{5472}{770}\left(1-\frac{267}{276+100}-\frac{1}{25666}\right)=1,936.$$

C'est-à-dire, l'effet réel est égal à la pression d'une colonne d'eau haute de 1,936 lignes; et, par suite de cet effet, l'air peut être mu avec une vitesse de 3 pieds par seconde, à travers un conduit de la longueur de 1,936. 924000 = 1788864 lignes = 12422 pieds (1).

D'après les rapports de M. Heusser, inspecteur des mines, à Obernkircken, un fourneau d'aérage haut de 38 pieds produit effectivement, dans une mine du territoire houiller susdit, un violent courant d'air qui s'étend, à une longueur de 2800 pieds, dans des puits et des galeries. Cette longueur étant de beaucoup plus petite que celle qui vient d'être trouvée par le calcul, il s'ensuit qu'il s'en faut de beaucoup que ce fourneau d'aérage produise son plus grand effet, c'est-à-dire, qu'il s'en faut de beaucoup que l'air contenu entre la cheminée et le mur cylindrique soit

(1) Il est aisé de calculer, au moyen de la formule ci-dessus, l'effet des plus hauts fourneaux d'aérage, par exemple de la hauteur de 60 pieds, tels qu'on les trouve en Belgique.

chauffé à 100°. Il faut observer du reste que, dans le calcul cidessus, la température de l'air extérieur a été prise égale à 0°, ce qui n'a lieu que pour la température de la glace fondante (1), et que l'exposant de friction a été négligé; ainsi l'effet véritable sera un peu plus petit.

On voit par ces considérations, qu'au moyen d'un fourneau d'aérage, on peut produire, dans un espace rempli de grisoux, un courant d'air qui s'étend à une longueur bien considérable.

On pourrait peut-être se dispenser de construire la cheminée en fer, là où il n'y a pas à craindre une inflammation des gaz inflammables qui s'échappent du puits; c'est ce qui a lieu entre autres dans plusieurs mines bien profondes. Mais, dans ce cas, il faudrait partager la grille en deux moitiés entre lesquelles on laisserait un conduit pour le passage de l'air. (Voir *fig.* 4, pl. I.)

Il est très-vraisemblable que, dans ce cas, l'effet serait encore plus grand, puisque l'air pourrait être chauffé à un plus haut degré.

M. Heusser m'a dit que, dans son territoire houiller, on ne se sert que fort rarement de la lampe de sûreté, puisque les quantités prodigieuses de gaz inflammables qui s'y dégagent ne sont pour ainsi dire emportées que par les fourneaux d'aérage construits à cet effet. Quant à la construction des conduits d'aérage, dans ce territoire, il m'en a fait le rapport suivant.

a (voir *fig.* 5, pl. I) désigne la galerie de roulage communiquant avec un puits, par lequel peut entrer de l'air frais. Elle est haute d'environ 4 pieds et large de 3 à 3 ½ p. A chaque côté d'une telle galerie, on exploite aussitôt jusqu'à une largeur de 17 à 18 pieds la houille qui a une puissance de 15-20 pouces, de manière (comme on le voit par la figure en profil) que le toit de la couche inclinée de 5° forme le faîte de la galerie.

---

(1) On sait qu'en hiver le courant d'air naturel est si fort qu'on peut se dispenser de chauffer le fourneau d'aérage.

Cette exploitation de houille précède toujours un peu l'avancement dans la galerie *a*; le déblai provenant du sol lors de ce dernier travail sert immédiatement à élever des murs à côté de la galerie. Ceux-ci forment les supports *b*, qui ne s'étendent pas jusqu'à la houille compacte *c*. Pour que l'intervalle *d* puisse servir de conduit d'aérage, on n'a qu'à enduire soigneusement de terre glaise préparée convenablement, les murs de supports, afin d'en luter toutes les jointures. Si l'on met en communication avec un fourneau d'aérage le conduit *d*, que l'on ne forme que d'un côté de la taille, si les grisoux ne sont que faibles, mais des deux côtés, s'ils sont forts, le courant d'air prendra la direction indiquée par les flèches.

A ces mines, on prend le plus grand soin de fermer hermétiquement tous les conduits d'aérage, soit qu'on les ait construits en pierre ou en bois. C'est là une précaution rigoureusement nécessaire pour que le courant ne soit jamais interrompu; mais on ne l'observe pas toujours avec assez d'exactitude. Dans le territoire en question, on ne met pas moins de soin à fermer convenablement les portes d'aérage. M. Heusser a en vue de publier une description complète de tout ce qui a rapport à ses appareils; il veut en même temps rapporter toutes les expériences que l'on a faites concernant les grisoux, dans le territoire en question. Bien qu'on ne puisse que souhaiter qu'il réalise bientôt son projet, il faut néanmoins remarquer que plusieurs moyens qui, dans les houillères ci-dessus, sont de la plus grande utilité pour éloigner les grisoux, ne sauraient être employés, avec le même succès, dans d'autres mines. En effet, il n'y a là qu'une seule couche peu puissante, dont on fasse l'exploitation, et la plus grande profondeur de cette couche sous jour ne vaut que 230 pieds. Il en est tout autrement, et l'on rencontre plus de difficultés, si plusieurs couches sont exploitées, si les couches supérieures ont déjà été exploitées antérieurement, et si l'exploitation a déjà atteint de grandes profondeurs; c'est ce qui a lieu, entre autres, dans les mines de la Belgique.

CHAPITRE V.

MOYENS DE DÉTRUIRE LES GAZ INFLAMMABLES DES MINES, PAR VOIE CHIMIQUE.

D'après les expériences faites jusqu'à présent, le gaz hydrogène protocarboné, le principe essentiel du gaz inflammable dans les mines de houille, ne se combine directement ni avec les acides, ni avec les bases salifiables, ni avec une substance quelconque. Il n'y a donc pas de substance qui puisse absorber le gaz hydrogène protocarboné, par exemple comme la chaux absorbe l'acide carbonique. Ainsi, par des procédés chimiques, le gaz inflammable ne peut être éloigné que par la décomposition.

Le chlore, qui du reste est un réactif très-fort, n'agit sur le gaz hydrogène protocarboné que sous l'influence de la lumière. Les expériences que j'ai faites avec un gaz hydrogène protocarboné presque pur, ont montré qu'il faut même des rayons solaires intenses, pour en opérer une décomposition subite. S'il était même possible de décomposer, dans les mines, au moyen du chlore, le gaz hydrogène protocarboné, on ne pourrait pourtant pas se servir d'un gaz si irrespirable, puisque, d'un autre côté, le gaz décomposé serait remplacé par le gaz acide hydrochlorique, qu'on ne saurait respirer sans danger.

On ne pourrait pas non plus faire usage de chlorure de chaux, recommandé par Fincham (1). Les expériences qui ont été faites dans les mines près d'Aix-la-Chapelle, et dans celles de la Silésie, ont prouvé suffisamment que ce moyen ne peut pas être employé.

Antérieurement surtout, on était dans l'habitude de détruire

---

(1) *Journ. de chim. médic.* Déc. 1827. Fincham étant fabricant de chlorure de chaux, on est par cela même porté à se défier de ses expériences.

les gaz inflammables en les brûlant subitement; c'est ainsi qu'autrefois, avant de commencer la tâche, on enflammait, au moyen de poudre à canon, les grisoux, dans les mines de houille près de Bochum, en Westphalie.

A Rive-de-Gier (1), les précautions contre le feu grisou se réduisent ordinairement à enflammer les gaz, tous les matins, avant l'entrée des ouvriers : celui qui exécute l'opération est couvert d'un surtout en cuir, et porte un capuchon de même matière (on l'appelle le Pénitent). L'accident qui eut lieu le 8 juin 1817, dans la *mine de la tour* située dans le district de Firming, a prouvé que le Pénitent peut aisément devenir la victime de cette opération dangereuse (2).

Supposons que, dans les grisoux d'une mine, le gaz hydrogène protocarboné vaille le $\frac{1}{11}$ du volume; dans ce cas, s'ils sont brûlés, tout l'oxygène de l'air atmosphérique sera nécessaire à la combustion du gaz inflammable. Le résidu gazeux, après la combustion, ne sera composé que d'acide carbonique et d'azote. Ainsi, avant la détonation, les grisoux consistaient en :

Oxygène	0,182
Hydrogène protocarboné	0,091
Azote	0,727
	1,000

Après la détonation, ils consistent en :

Acide carbonique	0,091
Azote	0,727
	0,818

et il s'y sera mêlé 0,182 d'air atmosphérique frais. Or, pendant que les grisoux ci-dessus entretiennent très-bien la combustion,

(1) *Annal. des mines*, tom. I, pag. 129.
(2) *Annal.* par Gilbert, tom. LXIX, pag. 253.

dans la lampe de sûreté, ainsi que la respiration, le résidu gazeux, après la détonation, ne saurait nullement le faire.

On admet qu'un air atmosphérique, qui contient $\frac{1}{10}$ de son volume d'acide carbonique, est encore à peine en état d'entretenir la respiration. Un tel air consiste en :

Oxygène	0,189
Azote	0,711
Acide carbonique	0,100
	1,000

Ainsi, l'on peut admettre qu'un air devient irrespirable, si l'acide carbonique vaut plus que la moitié de l'oxygène.

Supposons qu'un mélange gazeux, dans lequel l'hydrogène protocarboné vaut $\frac{1}{16}$ de l'air atmosphérique, qui est formé conséquemment de :

Oxygène	0,1875
Hydrogène protocarboné	0,0625
Azote	0,7500
	1,0000

soit encore explosif (chap. III, pag. 276), il consistera, après sa combustion complète, en :

Oxygène	0,0625
Acide carbonique	0,0625
Azote	0,7500
	0,8750

Quoique la quantité 0,125 d'oxygène qui a disparu soit remplacée par de l'air atmosphérique, la quantité d'oxygène ne s'élèvera pourtant qu'à 0,0875. Un tel mélange n'est plus en état d'entretenir la respiration. Toutefois, il en sera bien autrement dans la réalité ; car, d'après le chap. III, pag. 275, le gaz inflammable ne brûle plus complétement, si l'air atmos-

phérique approche du maximum. On voit cependant, par ce qui précède, que presque tous les mélanges gazeux, entre le minimum et le maximum du gaz inflammable, donnent, après leur combustion, des produits gazeux irrespirables. Car, si le gaz inflammable dépasse $\frac{1}{11}$, les produits gazeux, après la combustion, sont tout à fait irrespirables, attendu que, dans ce cas, tout l'oxygène est consumé, et qu'en outre il reste du gaz inflammable.

Il suit, des considérations ci-dessus, qu'il ne sert de rien d'enflammer les grisoux, si l'on n'est pas en état d'éloigner les produits gazeux de la combustion. Or, si l'on peut y parvenir au moyen de l'aérage, il est bien plus simple d'éloigner de cette manière les grisoux, sans les enflammer, que d'exposer les mines aux effets destructeurs d'une explosion (1).

Il est vrai qu'on peut faire absorber par l'hydrate de chaux l'acide carbonique qui se forme. Mais cette absorption n'a lieu que lentement, de sorte que, pendant qu'elle se fait, il peut arriver aisément que de nouvelles quantités de gaz inflammable se dégagent, et que de cette manière l'air devienne de nouveau détonant.

L'expérience prouve aussi, qu'après des explosions dans les mines, l'air est toujours infect; c'est pourquoi de tels endroits restent toujours longtemps inaccessibles, à moins que l'aérage n'emporte les gaz irrespirables. C'est ainsi qu'on put seulement après trois mois, entrer dans l'espace de la mine d'*Abgunst*, où un mineur avait eu un accident. (Chap. VI, pag. 347).

Les hommes qui périssent dans les mines, par suite d'explosions, ne sont pas toujours consumés par les flammes; mais fréquemment ils ne sont que suffoqués. C'est ainsi que, pour

---

(1) Il faut de plus prendre en considération que la pesanteur spécifique du gaz hydrogène protocarboné vaut $\frac{1}{2}$ fois celle de l'acide carbonique, et, au contraire, 1 $\frac{1}{2}$ fois celle de l'air atmosphérique. Ainsi il est évident qu'il est plus facile d'éloigner des mines le premier que le second.

citer entre autres l'accident qui eut lieu, le 10 juin 1815, dans la mine de *Newbottle*, près de Newcastle sur la Tyne, la plupart des 57 mineurs qui perdirent la vie, par suite de l'explosion des grisoux, avaient été seulement asphyxiés (1).

Aussi n'arrive-t-il pas rarement que des explosions, qui ont lieu dans un endroit d'une mine, font naître, dans une autre qui communique avec le premier, un air tellement irrespirable que les ouvriers y sont asphyxiés, sans avoir été atteints par l'explosion; ce qui a lieu surtout si ce dernier endroit n'est pas percé. L'accident qui eut lieu dans la mine de *Hostenbach* (chap. VI, pag. 349) est, sans aucun doute, un accident de cette espèce.

Si le gaz inflammable d'une mine ne forme pas de mélange détonant, et qu'il communique avec un autre espace qui contient des grisoux, il peut aussi arriver, qu'enflammé, il propage l'incendie comme ferait un feu courant, et qu'il provoque ainsi une explosion dans ce dernier espace.

Il semble, d'après l'opinion de M. Dumont, à Liége, que le grand accident qui eut lieu le 22 juin 1838, dans la mine *l'espérance*, près de Liége, et qui coûta la vie à 69 mineurs, doit être attribué aux deux dernières circonstances. Dans le rapport qui m'est parvenu, M. Dumont dit: « En supposant que l'inflammation du gaz ait eu lieu à une taille, par l'effet d'une mine, on peut admettre que le feu s'est propagé à droite et à gauche sans explosion, si le mélange des gaz n'était pas en proportion convenable pour déterminer la détonation; mais, les gaz brûlants arrivés en une autre taille éloignée, où le mélange était explosif, la détonation a pu avoir lieu. L'effet de la détonation a dû encore se produire au delà de la taille susdite, et interrompre momentanément la circulation de l'air vers une autre taille. » Il résulterait de ce raisonnement simple, que la grande quantité de gaz enflammé dans la seconde taille a carbonifié

(1) *Annal.*, par Gilbert, tom. LVI, pag. 261.

tous les ouvriers qui s'y trouvaient ; que ce même gaz, moins accumulé aux autres tailles, les a seulement brûlés et asphyxiés, et que le défaut d'air respirable a asphyxié seulement ceux qui étaient placés en cette taille, où la circulation de l'air n'a été interrompue que momentanément. Il est en outre à remarquer que, dans cette taille, tous les cadavres étaient renversés la tête vers la place où l'inflammation du gaz a commencé; par conséquent ils n'ont pas été surpris par une explosion subite, mais ils cherchaient à se sauver ou à se garantir des gaz brûlants.

Si l'on enflamme les grisoux dans les galeries ou dans les lieux d'exploitation, il arrive non-seulement que l'air est corrompu, mais encore, sans parler des préjudices cités ci-dessus, que le bâtiment des mines est endommagé par ces explosions, d'une manière bien périlleuse. Dans la mine d'*Abgunst,* il fallut travailler, sans interruption, jour et nuit, pendant trois mois et demi de suite, pour emporter les masses de pierres et de houille qui s'étaient précipitées, et pour parvenir jusqu'au cadavre du mineur qui avait été la victime de l'explosion.

Une inflammation produite par la lampe ordinaire des mines, dans une mine près de Saarbrücken, y occasionna des démolitions très-considérables. Les effets violents se firent sentir encore à une distance de 1500 pieds dans la mine. Sept digues qui consistaient en briques d'une épaisseur de 6 pouces, enfoncées, des deux côtés, dans la houille compacte, ainsi que dans le mur et le toit, y furent percées. A une distance de 850 pieds du lieu de l'explosion, des morceaux de bois épais de 6 pouces, une porte servant à faire circuler l'air, des poulies et des bandes de fer furent tout à fait fracassés. Devant l'embouchure de la galerie, éloignée de 3500 pieds du lieu de l'explosion, le bonnet fut encore emporté de la tête d'un mineur (1).

---

(1) J'ai eu l'occasion de voir le plan souterrain de cette mine. L'observation que j'ai faite mérite d'être rapportée ici, quoi qu'elle ne soit pas en rap-

Des effets à peine croyables ont été produits, l'année dernière, dans une mine de houille de la principauté de Schaumburg, par suite de l'explosion des grisoux qui remplissaient un puits et une galerie d'une contenance d'environ 22000 pieds cubes, et qui furent enflammés par un fourneau destiné à donner passage à l'air. Dans la fosse d'épuisement, des pierres d'une voûte qui pesaient 32 quintaux, sur lesquelles était placée une machine hydraulique d'un poids de 120 quintaux, et qui en outre étaient étançonnées contre la direction de l'explosion, au moyen de forts étrésillons en bois, furent déplacées d'un quart de

---

port immédiat avec le sujet en question. Les digues citées (voir *fig.* 6, pl. I) se trouvaient dans des tailles, à une distance de 15 à 20 pieds de la galerie, et elles formaient avec cette dernière des angles aigus vers le lieu de l'explosion. Il est donc surprenant que l'air mis en mouvement avec une grande force et ne trouvant point d'obstacle dans la galerie, au lieu de suivre la direction de cette dernière, et de se répandre au dehors, ait exercé son effet, même d'une manière très-violente, dans une direction presque opposée. Cet effet ne saurait s'expliquer à moins qu'on n'admette une force réagissante : soit que l'air atmosphérique contenu dans la galerie n'ait pas pu s'échapper avec la même vitesse avec laquelle les gaz dilatés par suite de l'explosion s'élançaient contre lui, soit que, immédiatement après l'explosion, lorsque les gaz se furent refroidis et que la vapeur d'eau qui s'était formée se fut condensée, l'air atmosphérique ait pénétré par l'entrée de la galerie, avec une violence énorme. Dans les deux cas, l'effet dut se produire de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire dans un sens opposé à celui de l'explosion. C'est ainsi qu'on peut s'expliquer pourquoi les digues situées dans la direction de la force réagissante ont été percées. Il est vraisemblable que, dans les deux cas qui viennent d'être cités, les deux effets ont eu lieu simultanément.

M. Bischof (*Journ. für pract. Chemie,* tom. XIV, pag. 130) raconte qu'un gazomètre en fer-blanc, dans lequel on fit détoner une quantité considérable d'un mélange d'hydrogène et d'oxygène, fut abîmé, non par suite d'une expansion, mais par l'effet d'une compression. Il attribue également à la pression de l'air atmosphérique extérieur cet effet, qui cependant diffère de celui qui est produit lorsqu'on fait détoner le gaz hydrogène protocarboné avec de l'air atmosphérique ; en effet, dans le premier cas, il ne reste pas de résidu gazeux, tandis que, dans le second, il n'y a qu'une diminution des gaz détonants.

pouce. Tout ce qui était fait en bois, les étrésillons, les trappes servant à faire circuler l'air, etc., se trouva fracassé.

Ces explosions peuvent même produire des incendies considérables dans les mines, si la houille est très-bitumineuse et très-inflammable. C'est ainsi que, dans une mine du territoire houiller susdit, une couche fut enflammée, et que la houille fut transformée en coak, jusqu'à une profondeur de 3 ½ pieds. Ce ne fut qu'avec beaucoup de peine qu'on étouffa l'incendie.

On voit par là ce qu'il faut penser des propositions faites plusieurs fois, de produire des inflammations dans les mines, pendant l'absence des ouvriers. C'est ici qu'appartient entre autres le réveil patenté construit par William Wood (1).

Abstraction faite de la chose en elle-même, il n'est pas à admettre que ce réveil atteigne son but. Il n'est guère possible qu'une horloge puisse être conservée dans les mines en bon état, pendant un temps plus ou moins long. Les allumettes, aussi bien que l'acide sulfurique, ne tarderaient pas à perdre leur efficacité, par suite de l'humidité. Enfin, supposé même que ce réveil produise une explosion, il pourrait lui-même être détruit par l'effet de la détonation, et il serait bien coûteux d'en faire construire, chaque fois, un autre.

Il est évident qu'il ne faut pas faire éclater, par le moyen de la poudre, la houille et les roches d'un espace rempli de grisoux.

Quelque dangereux qu'il soit, dans toutes les circonstances, d'enflammer les grisoux, dans les galeries et les tailles, on peut pourtant le faire dans le cas où une libre communication est établie entre l'atmosphère et l'espace infecté de mofettes inflammables. C'est ainsi qu'on peut enflammer, sans aucun préjudice, les grisoux contenus dans un puits spacieux, parce que, dans ce cas, les produits irrespirables de la détonation s'échappent par le puits même.

Ce qui vient d'être dit de la combustion des grisoux avec dé-

---

(1) *London Journal of Arts*. V, XIV, n° 84, octobre 1827.

tonation, s'applique aussi, en général, à la combustion lente des gaz inflammables qui ne forment pas encore de mélanges explosifs.

L'air est également corrompu de cette manière, quoiqu'à un degré moins élevé que par la détonation. Si l'on observe, en général, que le gaz hydrogène protocarboné qui brûle est remplacé par un volume égal d'acide carbonique, et qu'un volume d'oxygène double est consumé, on concevra jusqu'à quel point l'air est corrompu, par suite de l'explosion (1).

Ainsi, quelque avantageux qu'il semble être d'empêcher, par la méthode précédente, que le gaz inflammable ne s'accumule et ne devienne détonant, on ne peut pourtant en faire usage que lorsque la circulation de l'air est vive. Du reste, si, en travaillant, on se sert de la lampe ordinaire des mines, il s'ensuit par cela même une combustion lente du gaz inflammable. Ainsi, si l'on en remarque la présence, au nimbe bleuâtre qui entoure la flamme de la lampe des mines, il faut prendre un soin particulier d'opérer un aérage convenable.

On voit, par ces considérations, ce qu'il faut penser de la proposition qu'on a faite de suspendre, dans les mines, des lampes désignées sous le nom de lampes éternelles. On a fait cet essai dans la mine de *Furth,* dans les tailles où se dégageaient des gaz inflammables; on suspendit au toit des lampes de mine ordinaires, à de petites distances les unes des autres. Mais l'air s'échauffa et se corrompit à tel point qu'on dut se retirer, sans lumière.

L'expérience montre, du reste, qu'il peut se présenter encore d'autres inconvénients, si l'on fait usage de ces lampes éternelles. Effectivement, si, dans un espace quelconque, il se

(1) Si le gaz des mines contient du gaz oléfiant, la corruption de l'air est encore plus considérable, puisque ce dernier donne lieu, par sa combustion, à un volume d'acide carbonique double, et fait disparaître un volume d'oxygène triple.

dégage plus de gaz inflammable que ces lampes n'en peuvent consommer, le gaz s'accumule peu à peu et donne ainsi lieu à des explosions. Il peut donc arriver facilement qu'au moment où un mineur entre dans un tel espace, il s'ensuive une explosion. L'accident qui eut lieu à *Hostenbach* (chap. VI, pag. 349) montre très-distinctement les inconvénients de ces lampes éternelles.

Il n'y a qu'un seul cas où il convienne de brûler les gaz inflammables : c'est lorsqu'ils se dégagent dans des excavations au toit de galeries ou de tailles, et qu'ils s'y accumulent, nonobstant le bon courant d'air. Dans ce cas, les produits irrespirables de la combustion, surtout l'acide carbonique, à cause de sa pesanteur spécifique, seraient emportés par le courant d'air.

A cet effet, le mieux serait d'employer une lampe de sûreté à double cylindre, ayant pour enveloppe une cheminée de cuivre pouvant se lever ou se baisser à volonté, de manière à consommer une plus ou moins grande quantité de gaz. Elle offrirait l'avantage de pouvoir brûler très-longtemps, *dans une* atmosphère très-explosive, sans production d'une grande chaleur (1).

On fut naturellement conduit à l'idée de brûler les gaz inflammables des mines, aux dépens de l'oxygène en combinaison, et de faire absorber par l'hydrate de chaux l'acide carbonique qui se forme. Les oxydes métalliques dont la réduction est facile semblèrent se prêter le mieux à cet usage, et particulièrement le bioxyde de cuivre, dont on se sert pour l'analyse des substances organiques. La chaleur produite par les lampes des mines (ordinaires ou lampes de sûreté) sembla offrir un moyen de chauffer le bioxyde de cuivre jusqu'au degré nécessaire à la combustion du gaz hydrogène protocarboné, si l'on plaçait sur le tissu un vase de métal qui serait rempli de bioxyde.

---

(1) M. Davy, dans les *Annal. des mines*, tom. I, pag. 215.

Pour examiner si, de cette manière, le bioxyde de cuivre peut être chauffé jusqu'au degré nécessaire, je fis passer du gaz inflammable des mines (de l'hydrogène protocarboné presque pur) sur du bioxyde de cuivre chauffé dans un bain de zinc en fusion. Mais le gaz s'échappa non brûlé, car il ne troubla nullement l'eau de chaux. On voit donc qu'au degré de fusion du zinc (412° C.) le bioxyde de cuivre ne décompose pas le gaz hydrogène protocarboné; or, un plus haut degré de chaleur ne saurait être produit par une lampe des mines.

Après cela, je me servis du superoxydule de plomb (minium). Lorsque le gaz des mines passa, à l'état humide, sur l'oxyde chauffé seulement jusqu'au degré de fusion du plomb, et que le gaz fut conduit dans de l'eau de chaux, cette dernière se troubla bien considérablement. L'expérience fut répétée avec le même oxyde, et une nouvelle eau de chaux fut également troublée. Pour m'assurer qu'il n'y avait pas de carbonate de plomb mêlé au minium, je fis passer ensuite de l'air atmosphérique sur le superoxydule de plomb; l'eau de chaux ne se troubla que faiblement, effet dû sans doute à l'acide carbonique de l'air.

Il est vraisemblable que d'autres superoxydes rendraient le même service, à une température peu élevée.

A la première vue, ces moyens chimiques semblent très-propres à éloigner les gaz inflammables des mines. On ne les brûle pas aux dépens de l'oxygène atmosphérique, mais bien aux frais de l'oxygène combiné; l'acide carbonique peut être absorbé par la chaux. Ainsi on ôterait vraiment de cette manière à l'air atmosphérique ses principes irrespirables et dangereux.

Pour que l'oxyde fût continuellement en contact avec de l'air frais, on pourrait le renfermer dans un tuyau qui communiquerait avec un vase plein d'eau, d'où l'eau s'écoulerait successivement; dans ce vase, l'acide carbonique qui se forme pourrait être facilement absorbé. Au lieu des oxydes, on pourrait aussi se servir de sels qui, à une température qui n'est pas trop

élevée, laissent dégager leur oxygène, tel que le chlorate de potasse.

Néanmoins, je ne crois pas que l'on puisse se servir avantageusement de tous ces moyens, pour éloigner les gaz inflammables. Toutes ces substances exigent de la chaleur, pour oxyder le gaz inflammable, de sorte qu'à cet effet il faut toujours une combustion. On pourrait à la vérité employer au même but la lampe de sûreté, dont le mineur se sert pour ses travaux. Mais, dans ce cas, il n'y aurait qu'une petite quantité de gaz inflammable qui serait consumée. Si l'on voulait se servir de plusieurs lampes, il y aurait à la vérité une plus grande quantité de gaz qui serait consumée, mais aussi les lampes feraient-elles disparaître plus d'oxygène ; ce qui nous conduit de nouveau aux inconvénients dont nous avons déjà parlé, c'est-à-dire, que la respirabilité de l'air diminue à mesure qu'il perd sa nature détonante. Nous voilà de nouveau obligés à avoir recours à l'aérage.

Or, il est bien plus simple de s'en servir pour éloigner les grisoux, sans qu'on les ait brûlés. Ajoutez à tout cela que justement les substances, dont on pourrait espérer le meilleur résultat, sont des plus coûteuses. Enfin, l'espace étroit dans les mines ne permettrait pas de dresser des appareils de grandes dimensions, abstraction faite de ce qu'on peut à peine supposer que le mineur ordinaire soit en état de les manier exactement.

On a encore proposé de chasser les grisoux en dégageant dans les mines un gaz quelconque, qui ne soit pas préjudiciable à la respiration. Il est également bien difficile d'y parvenir. Pour ce qui concerne l'oxygène, on pourrait à peine se passer d'une température élevée, même s'il était extrait du peroxyde de manganèse, en traitant celui-ci par l'acide sulfurique. Nous rencontrerions donc les mêmes difficultés que plus haut. Si, d'un autre côté, on voulait se passer de la chaleur, il y aurait un autre inconvénient, c'est que l'oxygène qui se dégage faciliterait l'inflammation du gaz inflammable. De cette

manière, on rendrait détonants des mélanges gazeux qui, par eux-mêmes, ne le sont pas.

La chimie, à l'état actuel, ne présente donc aucun moyen applicable en grand d'éloigner des mines les gaz inflammables.

Comme, par ce qui précède, il a été montré combien l'air des mines mêlé à du gaz inflammable perd de sa respirabilité, si les gaz y sont brûlés, il ne serait pas hors de propos d'ajouter ce qui suit :

La lampe de sûreté s'éteint dans les grisoux plus tôt que l'air ne devient irrespirable. On connaît beaucoup d'exemples que des mineurs pénétrèrent dans des espaces remplis de grisoux, où la lampe de sûreté s'éteignit, mais qu'ils purent pourtant continuer leur chemin.

M. Davy (1) s'est assuré qu'un oiseau peut vivre dans un mélange de parties égales d'air atmosphérique et d'air inflammable; mais il ne tarde pas à manifester des symptômes de souffrance. Il trouva qu'en respirant, pendant quelques minutes, un mélange détonant de gaz inflammable et d'air atmosphérique, on éprouvait un léger mal de tête. D'après M. Davy, l'air n'est plus propre à la respiration, lorsque le gaz inflammable des mines en constitue plus que le tiers.

J'eus l'occasion d'examiner les effets exercés sur la respiration par les grisoux, dont une galerie inclinée se trouvait remplie (chap. VII). Dans la couche d'air où la lampe de sûreté s'éteignit, je pus respirer sans incommodité. Ce ne fut que lorsque mes organes respiratoires se trouvaient tout près du toit que je sentis quelque incommodité et un léger mal de tête. Comme le gaz inflammable contenu dans cette galerie inclinée était, selon toute vraisemblance, tel qu'il cesse d'être détonant, s'il vaut plus que $\frac{1}{6}$, sa quantité excédait nécessairement $\frac{1}{6}$.

Ainsi le mineur n'est pas exposé aussi facilement au danger

---

(1) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. I, pag. 154.

d'être asphyxié, si, muni de la lampe de sûreté, il se rend dans les grisoux. L'extinction de la flamme arrive assez tôt pour lui laisser le temps de retourner sur ses pas.

On voit par ces considérations quelle différence il existe, relativement à la respirabilité, entre les grisoux, avant et après leur combustion.

CHAPITRE VI.

MOYENS DE PÉNÉTRER AU LOIN, DE SÉJOURNER, DE S'ÉCLAIRER ET D'AGIR LIBREMENT DANS LES GALERIES SOUTERRAINES ENVAHIES PAR UN AIR VICIÉ.

Un moyen ordinaire d'éclairer les mines de houille, dans lesquelles se trouvent des grisoux, consistait autrefois à mouvoir rapidement une meule d'acier contre du silex ou pierre à fusil; les étincelles produites par ce mouvement procurent une lumière suffisante; mais cette méthode exige l'emploi d'un homme; et, quoique ces étincelles soient moins propres à enflammer l'air que la flamme d'une chandelle, elles ne mettent pas cependant à l'abri de tout danger.

M. H. Davy (1) a fait quelques expériences dans l'espoir de produire cette lumière avec les phosphores de Kunckel, de Canton et de Baudouin, de même qu'avec l'étincelle électrique dans des vaisseaux clos; mais les résultats ont été sans succès; et, ces moyens eussent-ils réussi, on ne pourrait pas les employer, attendu qu'ils seraient trop compliqués et trop difficiles pour des mineurs.

M. de Humboldt (2) a proposé un appareil pour conserver la vie des hommes et la lumière des lampes, dans les souterrains infectés de vapeurs délétères.

---

(1) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. I, pag. 137.

(2) N° 47 du *Journal des mines*, tom. VIII, pag. 839.

M. Clanny a fait connaître un appareil ingénieux pour entretenir la flamme dans les mines, en poussant de l'air atmosphérique à travers l'eau, par le moyen de soufflets; mais M. Davy ne croit pas que cet appareil ait été essayé (1). Au lieu d'un soufflet, on pourrait employer un appareil aspirant, tel qu'il a été décrit par M. Brunner (2); mais toutes ces machines compliquées n'étaient devenues et ne pouvaient devenir d'un usage général.

Dans le cours de longues et laborieuses recherches sur les propriétés du gaz inflammable, sur la nature de la flamme et sur l'inflammation, M. Hy. Davy a trouvé que les explosions du gaz inflammable étaient incapables de passer à travers des tubes de métal longs et étroits. Ces faits le conduisirent à essayer des cribles de gaze métallique, ou des plaques de métal, percées d'un grand nombre de petits trous; et M. Davy a reconnu que ces cribles et ces plaques ne laissaient point passer l'explosion.

M. Davy a exposé successivement les détails de ces recherches, et il a tâché d'expliquer l'opération du criblage de la flamme dans plusieurs mémoires qu'il avait lus précédemment à la société royale. Dans une communication postérieure (3), il a donné quelques avis pratiques aux propriétaires et aux directeurs de mines qui feraient usage de la nouvelle lampe.

D'après les expériences de M. Davy, les ouvertures ou les interstices de forme carrée de la gaze métallique ne doivent pas avoir plus de $\frac{1}{20}$ de pouce de côté. Comme le gaz inflammable n'est pas enflammé par le fil métallique chauffé au plus haut degré de chaleur rouge, l'épaisseur du fil de la gaze est de peu d'im-

---

(1) *Annal. de chim. et de phys.*, tom. I, pag. 137.

(2) *Annal. de phys.*, par M. Poggendorff, tom. XXXVIII, pag. 264.

(3) *Practical hints on the application of Wire-Gauze to lamps, for preventing explosions in coal mines, by sir Hy. Davy. From. the Journ. of the Royal Inst. London.* 1816. Traduit par M. Baillet, inspecteur divisionnaire au corps royal des mines, dans les *Annales des mines,* tom. I, pag. 179 et suiv.

portance ; mais un fil de $\frac{1}{40}$ ou de $\frac{1}{60}$ de pouce de diamètre est celui qui convient le mieux.

Si le fil de $\frac{1}{40}$ de pouce paraissait devoir s'user trop vite, on pourrait en employer de plus gros à volonté ; mais, plus le fil est gros, plus la lumière est interceptée ; car les côtés des carrés des ouvertures ne doivent jamais avoir plus de $\frac{1}{20}$ de pouce. Dans tous les modèles que M. Davy a envoyés dans les mines, il y avait 748 ouvertures, sur chaque pouce carré ; mais 576 ouvertures mettent parfaitement en sûreté.

La construction de la lampe de sûreté est assez connue, pour que je sois dispensé de la décrire ; je me contente de remarquer que, d'après Davy, quand cette lanterne est cylindrique, elle ne doit pas avoir plus de 2 pouces de diamètre ; car, dans des cylindres plus grands, la combustion du gaz inflammable échauffe beaucoup trop la partie supérieure de la lanterne.

Quand, selon M. Davy, la lampe de sûreté est allumée et placée dans une atmosphère où se mêle continuellement du gaz inflammable, le premier effet de ce gaz est d'augmenter la longueur et la grosseur de la flamme. Quand l'air *inflammable* forme plus que le $\frac{1}{12}$ du volume d'air, le cylindre se remplit d'une flamme bleue très-faible ; mais la flamme de la mèche se distingue clairement dans l'intérieur de cette flamme bleue, et elle continue à être visible jusqu'à ce que le gaz forme le sixième ou le cinquième du volume de l'air. Dans ce cas, la flamme de la mèche se perd dans celle du gaz qui remplit alors le cylindre d'une lumière assez forte.

On peut observer tous ces phénomènes dans une mine, quand on approche d'une fente ou d'une ouverture d'où sort un courant de gaz inflammable. M. Buddle a produit, dans les parties des travaux souterrains qui renferment des mofettes inflammables (*foul parts*), ces différents états de la flamme, en élevant ou en abaissant la lampe de sûreté, puisque le gaz est toujours beaucoup plus abondant vers le faîte des galeries des mines.

Tant qu'un mélange de gaz détonant est en contact avec la lampe, comme dit M. Davy, cette lampe brûle, et elle ne s'é-

teint que quand le gaz constitue plus que le tiers du volume de l'air atmosphérique ; mais cet air n'est plus propre à la respiration ; car, quoiqu'un animal puisse encore vivre dans un air où la chandelle s'éteint, il ne peut le faire sans souffrance. Cependant j'ai trouvé, comme j'ai rapporté au chap. V, qu'on peut s'arrêter, pendant assez longtemps, dans une telle atmosphère, sans éprouver une grande incommodité.

Dans le cas où le gaz est mélangé avec l'air atmosphérique, dans les plus petites proportions qui puissent produire la détonation, la lampe de sûreté peut, en consumant rapidement le gaz inflammable, réduire la quantité de ce gaz au-dessous de celle qui est nécessaire pour l'explosion ; et il arrive rarement que la lampe soit exposée à un mélange détonant contenant la plus grande proportion de gaz inflammable ; mais, même dans ce cas, cet appareil met à l'abri de tout danger, et le tissu métallique peut être chauffé jusqu'au rouge, sans qu'il puisse transmettre l'explosion.

Il est évident que le cas supposé ne peut avoir lieu que lorsque la lampe consume plus de gaz inflammable qu'il ne s'en dégage de la houille, pendant le même temps. Le phénomène en question s'est montré dans des parties de travaux souterrains où la couche de la houille avait été percée au-dessus de la tête. Lorsque j'introduisis la lampe de sûreté dans cet espace, la flamme atteignit une hauteur considérable, mais elle revint, peu de temps après, à sa grandeur primitive, parce que, dans l'intérieur du tissu, il se consumait bien moins de gaz inflammable que la houille n'en laissait dégager dans cet espace.

M. Davy fit plusieurs expériences pour examiner la sûreté de ses lampes et des lanternes de sûreté qu'il avait construites antérieurement. Il suffira de remarquer qu'il a soumis ces lampes à des épreuves beaucoup plus fortes que celles qu'elles pourraient subir dans les houillères, en faisant passer, à travers, les mélanges les plus détonants d'air atmosphérique et de gaz inflammable provenant de la distillation de la houille, lequel est beaucoup plus inflammable que celui des mines.

M. Davy les a même entourées d'une atmosphère détonante contenant trois fois plus d'oxygène que l'air ordinaire; et, quoique, dans ces expériences, les fils du tissu métallique eussent été chauffés au rouge, jamais l'explosion n'a eu lieu. Il faut observer toutefois que cette dernière et plus forte épreuve a été faite sur des gazes métalliques qui contenaient 900 orifices, sur un pouce carré. Enfin ces lampes ont été éprouvées avec le succès le plus complet, à la parfaite satisfaction et au grand étonnement des mineurs, dans les mines des environs de New-Castle et de Whitehaven, qui sont les plus dangereuses de la Grande-Bretagne.

Dans le but de constater les propriétés importantes de la lanterne de sûreté, MM. Baillet, Laporte et Lefroy ont fait plusieurs expériences, dans le laboratoire de l'école royale des mines (1). Ils ont fait usage d'une lanterne en tissu de fil de laiton, qui contenait environ quatorze cents ouvertures, par pouce carré anglais. Ils ont employé le gaz hydrogène pur, le gaz hydrogène carboné retiré de la distillation de la houille, et ces gaz mêlés d'air atmosphérique en proportions diverses. La lanterne ayant été allumée et placée sur un support, ils ont fait descendre verticalement, sur cette lanterne, un récipient renversé rempli de gaz inflammable ou d'un mélange détonant.

L'examen des lampes de sûreté, fait de cette manière, ne pouvait pas donner de résultats qui fussent applicables aux lampes, dans les mines de houille. Pour que ce but soit atteint, il faut que les lampes soient examinées dans des circonstances qui approchent le plus que possible de celles qui ont lieu dans les grisoux. Il s'agit surtout de laisser brûler les lampes pendant longtemps, dans des mélanges détonants, et de faire en sorte que les produits et les résidus gazeux de la combustion puissent s'échapper librement dans l'atmosphère. Une lampe ne peut être regardée comme parfaitement sûre, que lorsque,

---

(1) *Annal. des mines*, tom. I, pag. 187 et suiv.

l'accès du mélange détonant étant illimité, le cylindre en fils devenu rouge ne peut, ni dans le repos ni pendant le mouvement, propager l'inflammation au dehors. Je rapporterai plus bas, chap. VII, de quelle manière je crois avoir atteint ce but.

- Cependant il faut remarquer que, dans des circonstances semblables à celles des expériences que MM. Baillet, Laporte et Lefroy ont faites, la flamme ne pouvait traverser le tissu lorsque le récipient était rempli de gaz hydrogène carboné, ou de mélanges de ce gaz inflammable et d'air atmosphérique, en différentes proportions. Mais le gaz hydrogène pur, un mélange de ce gaz et d'air atmosphérique en parties égales, et un mélange d'une partie de gaz hydrogène carboné, de 8 parties de gaz hydrogène pur et de 9 parties d'air atmosphérique, communiquent l'inflammation, à travers le tissu, au gaz environnant.

La seconde série des expériences faites par ces savants, dans le but de rechercher quels seraient les résultats, si l'on forçait les gaz à traverser la partie inférieure de la surface cylindrique de la lanterne, en même temps que les produits et les résidus gazeux de la combustion pourraient s'échapper dans l'atmosphère, a une plus grande importance. Les expériences furent faites dans des circonstances qui approchent, plus que les précédentes, de celles qui ont lieu dans les grisoux.

Les résultats de ces expériences sont les suivants :

1. Lorsque le gaz hydrogène carboné est mêlé dans les proportions qui produisent les plus fortes détonations, c'est-à-dire avec 6, 7, 8 et 9 parties d'air atmosphérique, la flamme de la lanterne s'agrandit et s'allonge; elle brûle pendant quelque temps, et finit par s'éteindre.

Les résultats donnés par des mélanges d'hydrogène pur et d'air atmosphérique ne sont d'aucun intérêt pour l'emploi des lampes de sûreté, dans les mines de houille, attendu qu'on ne peut pas y rencontrer de l'hydrogène pur, pas même un mélange de ce gaz et d'hydrogène protocarboné. Néanmoins, il est remarquable que, plusieurs fois, une détonation a eu lieu dans la lanterne et dans le cylindre de verre, lorsque le gaz hydro-

gène formait la moitié du mélange avec l'air atmosphérique.

Comme, dans les expériences précédentes, on se servait d'un gaz inflammable retiré de la distillation de la houille, et que cependant la flamme ne passait pas par le tissu, il est d'autant moins probable que la flamme du gaz inflammable des mines propage l'inflammation au dehors, puisque, outre l'hydrogène protocarboné, ce dernier renferme de l'oxyde de carbone, du gaz oléfiant et des vapeurs inflammables; le premier au contraire ne renferme, pour la plupart, que de l'hydrogène protocarboné. Or, nous avons vu ci-dessus (chap. III) que l'oxyde de carbone, le gaz oléfiant et les vapeurs inflammables, brûlent avec plus de facilité que l'hydrogène protocarboné.

Du reste, les expériences des savants français sont d'accord avec les observations de M. Davy, qui, comme on l'a vu plus haut, a fait passer aussi, à travers ses lampes, des mélanges d'air atmosphérique et de gaz inflammable provenant de la distillation de la houille. Ces expériences sont sans doute plus importantes, puisque M. Davy a employé des gazes métalliques qui ne contenaient que neuf cents orifices, sur un pouce carré, tandis que les savants français se servaient de gazes qui en contenaient environ quatorze cents, par pouce carré. Mais, plus les orifices sont petits, moins la lumière répandue par la lanterne est intense.

Le mérite de la découverte faite par M. Davy fut bientôt contesté. Il parut, dans les journaux anglais, un grand nombre de mémoires dans lesquels on cherchait à prouver que ces lampes ne pouvaient pas être sûres, dans toutes les circonstances; plusieurs des objections paraissaient fondées.

En effet, d'après les expériences précédentes, il était bien reconnu que les lampes à cylindre métallique étaient sûres, dans des mélanges explosifs, lorsque cette atmosphère était sans agitation, et qu'aucune autre matière inflammable ne s'y trouvait en suspension.

Mais il s'établit, dans les mines, de forts courants de gaz inflammable et d'air atmosphérique, agissant parallèlement ou

sous différents angles, et l'effet de ces courants, sur une lampe placée dans leur atmosphère, doit être d'accroître la chaleur de la gaze, et par suite d'augmenter son pouvoir à laisser passer la flamme.

Des poussières de charbon, contenant quelquefois des parcelles de pyrites, flottent très-souvent dans l'atmosphère des mines; et ces matières en contact avec la flamme d'une chandelle ou d'une lampe, brûlant avec flammèche et scintillation, pouvaient transmettre l'explosion.

Il était donc essentiel de s'assurer si, dans ces cas, les nouvelles lampes mettraient à l'abri de tout accident. Ces considérations déterminèrent M. Davy à faire quelques expériences à ce sujet.

Dans une mine où se rencontre un des plus forts souffleurs, on s'y prit de la manière suivante :

Première série. — A l'extrémité du canal servant à conduire le souffleur depuis le point où il se dégage jusqu'à la surface de la mine, on adapta un tuyau de cuir, ce qui donna un jet de gaz dont la force, au travers d'un grand courant d'air, se faisait sentir à 2 pieds de l'extrémité du tuyau.

Des lampes à simple cylindre et à double cylindre furent ensuite dirigées vers ce courant, soit à l'air libre, soit placées au centre d'appareils ayant des ouvertures sur le côté et dans la partie supérieure pour le passage des gaz. Dans ces différents essais, l'air inflammable brûla dans l'intérieur des lampes; mais le tissu métallique n'y fut porté qu'à la chaleur rouge. Quand ces lampes furent parvenues au centre du courant, elles s'éteignirent.

Deuxième série. — Le conducteur de cuir fut surmonté d'un tuyau de cuivre, de manière à faire passer tout le gaz inflammable par une ouverture qui n'avait pas un demi-pouce de diamètre. Par cette disposition, on obtint un chalumeau des plus puissants, d'où le gaz, quand il était allumé, sortait avec force et sifflement, lançant une flamme intense dont la longueur était d'environ 5 pieds. Des lampes à simple et à double

cylindre furent successivement placées dans cette atmosphère. Au point de concours des deux courants, la gaze métallique de la lampe doublée passa bientôt à la chaleur rouge; mais elle ne brûla pas, et il n'y eut pas d'explosion. La lampe simple ne communiqua pas l'incendie, tant qu'elle était promenée lentement dans le courant, et que la gaze métallique n'était pas chauffée jusqu'au rouge; mais, quand elle eut été fixée au point où la combustion était la plus intense, le fil de fer brûla avec projection d'étincelles, et alors l'explosion fut transmise au dehors.

Troisième série. — Des lampes simples, portant à l'intérieur ou à l'extérieur des plaques d'étain, pour diminuer la circulation de l'air, et des lampes à double cylindre, furent exposées à toutes les circonstances de ces courants, soit à l'air libre, soit placées dans des appareils. Mais la chaleur ne put jamais s'élever jusqu'au degré de la combustion du fer, et l'explosion ne fut point communiquée.

Un courant de ce genre ne peut jamais se rencontrer dans les mines; si toutefois il se présentait, on aurait maintenant le moyen de l'examiner et d'en paralyser les effets. Les lampes de sûreté offrent une ressource que n'offriraient pas les meules d'acier dont les étincelles produiraient infailliblement une explosion.

On jeta, à plusieurs reprises, de la poussière de charbon, de la pyrite pulvérisée, dans des lampes brûlant dans un mélange plus explosif que celui des mines (celui du gaz de charbon), et l'explosion ne fut pas communiquée; elle n'eut pas lieu non plus, soit en laissant ces matières flotter pendant quelque temps dans cette atmosphère, soit même en les amoncelant sur le sommet du cylindre, lorsqu'il était à la chaleur rouge.

Un mélange de poussière de charbon et de poudre à canon pulvérisée n'eut aussi aucune action sur le mélange explosif.

On fit même l'essai de matières qui ne se rencontrent jamais dans les mines à charbon, telles que la *résine*, le *soufre* et le *phosphore*, et on obtint les mêmes résultats. On remarqua seulement que les deux dernières substances, appliquées sur la

surface extérieure du cylindre, déterminaient l'explosion; et encore même n'avait-elle lieu, pour le soufre, que lorsqu'il était appliqué en grande quantité, et que sa combustion était activée par un courant d'air frais.

Les mêmes épreuves ont été répétées avec les lampes à double cylindre, et il en est résulté qu'elles offraient une sécurité parfaite contre l'inflammation de toute substance étrangère qui pût jamais se rencontrer dans les mines de houille.

Comme cela n'entre pas dans le but de ce mémoire, je ne m'arrêterai pas à discuter les principes sur lesquels repose la sûreté des lampes à cylindre métallique. Aussi les savants ne sont-ils pas parfaitement d'accord à cet égard. Il est plus important de décrire les recherches et les expériences sur la grandeur des ouvertures à donner à la gaze métallique, et sur la force des fils.

Une gaze de fil de laiton de $\frac{1}{6}$ de pouce de diamètre, et contenant 100 ouvertures, sur chaque pouce carré, employée de la manière ordinaire, ne communiqua pas l'explosion à un mélange d'une partie de gaz de charbon sur 8 à 12 parties d'air, tant qu'elle resta froide; mais, aussitôt qu'elle fut chaude, il y eut explosion.

Une gaze de la même force, et de 196 ouvertures, au pouce carré, ne transmit pas l'explosion, tant qu'elle ne fut pas à la chaleur rouge; lorsqu'elle fut parvenue à ce degré de température, elle ne mettait plus longtemps en sûreté, mais tout mouvement donné à la lampe, même dans une jarre fermee, ne put produire l'explosion.

Une gaze de fer dont le fil avait $\frac{1}{50}$ de pouce de diamètre, et qui contenait 240 ouvertures, au pouce carré, fut sûre dans des mélanges explosifs de gaz de charbon, jusqu'à ce que la partie supérieure du cylindre eût atteint une forte chaleur rouge.

Un fil de fer de la même force que ci-dessus, et de 676 ouvertures, au pouce carré, parut sûr, sous toutes les circonstances, dans des mélanges explosifs de gaz de charbon. On tint, pendant un quart d'heure, une flamme continue dans un cylindre

de ce genre, en variant les proportions des mélanges, de manière cependant à ce qu'ils fussent toujours explosifs ; le sommet du cylindre passa à la chaleur rouge ; mais, quoique les gaz, comprimés par un gazomètre et une paire de soufflets doubles, traversassent rapidement le cylindre, il n'y eut pas d'explosion.

Ainsi, en adoptant des cylindres de 900 à 676 ouvertures, au pouce carré, et dont le fil ait $\frac{1}{[illegible]}$ à $\frac{1}{[illegible]}$ de pouce carré de diamètre, les lampes simples seront sûres dans toutes les atmosphères de gaz inflammable de mines. Toutefois, dit M. Davy, quand il existe dans les mines de forts courants, il est préférable de se servir de lampes à double gaze.

Quelques personnes avaient avancé que les tissus métalliques seraient trop faibles pour l'usage des mines. Des expériences ont prouvé la fausseté de cette assertion ; on a cherché à endommager des lampes simples, soit en y jetant de gros morceaux de charbon de terre, soit même en les frappant avec un marteau de mineur, mais on n'est jamais parvenu à en percer la gaze ; et, d'après ces épreuves, ces lampes ont brûlé avec la même sûreté dans des jarres contenant des mélanges *explosifs*.

Si l'objection tirée de la faiblesse du fil métallique eût réellement été fondée, il eût été facile de doubler, de tripler, ou même de quadrupler la force du cylindre par un système de deux, trois ou quatre fils parfaitement parallèles. Par exemple, un cylindre de 27 ouvertures, au pouce carré, composé de 25 à 26 enveloppes, et dont les fils seraient disposés avec soin, n'interceptera guère plus de lumière qu'il n'en est intercepté par un cylindre simple. On a eu des cylindres de cuivre criblés d'une multitude de petit trous, et ils donnaient plus de clarté que des lampes à gaze métallique.

Quant à la construction des lampes de sûreté, il est évident que la forme est susceptible de varier à l'infini, tant que le principe sur lequel repose la sûreté est conservé. Ainsi, comme M. Davy le propose, on peut avoir des cylindres dont une partie soit de gaze métallique, et l'autre partie de verre, de corne ou de mica. Dans les lampes à deux cylindres, l'un des deux pour-

rait être de verre, de corne ou de mica, pourvu que ce cylindre fût ouvert dans sa partie supérieure, et portât une ouverture sur le côté, pour la circulation de l'air. Il faut toutefois observer que le verre, en raison de sa grande fragilité, doit être rarement employé, et que la gaze métallique est préférable à la corne et au mica, en ce qu'elle permet une plus grande émission de lumière.

D'après le rapport des chefs mineurs, il ne paraît pas que le fil de fer des cylindres soit sujet à se rouiller, par l'usage dans les mines. Si toutefois cela arrivait, on pourrait employer des fils de laiton, ou même des fils de cuivre plaqué en argent; on pourrait même se servir d'un enduit vitreux, tel que celui d'un composé fusible d'acide boracique et de baryte.

On avait avancé que le fil de fer brûlerait à la haute température produite par la combustion du gaz inflammable, dans l'intérieur des lampes de sûreté. L'expérience a prouvé la fausseté de cette assertion; la matière charbonneuse qui résulte de la décomposition de l'huile, tend non-seulement à empêcher l'oxydation, mais elle revivifie même (ainsi que le gaz inflammable lui-même) l'oxyde de fer déjà formé; cette matière bouche les ouvertures supérieures du cylindre, et diminue graduellement la chaleur en diminuant la quantité d'air consommé (1). Toutefois, quand on a à travailler dans des endroits où le gaz inflammable est abondant, on doit, pour plus de sûreté, se servir de lampes à double cylindre (2), ou d'une lampe simple, dont la circulation de l'air serait diminuée par une plaque d'étain placée à l'intérieur ou à l'extérieur, et servant à réfléchir la lumière.

Si un ouvrier travaille dans un endroit où se trouve un souffleur agissant sur un courant d'air frais, et qu'il voie que le

(1) On suppose qu'il n'y existe point de forts courants.

(2) Jamais, dans ce cas, on n'a vu le cylindre extérieur passer à la chaleur rouge.

tissu métallique du cylindre commence à s'échauffer, il doit ou ôter sa lampe des points de concours des gaz ou la mettre à l'abri de ces courants.

Quand on a à s'approcher d'un fort courant de gaz inflammable, on doit se servir d'une lampe à double cylindre ou d'une lampe simple, dont la circulation de l'air soit ralentie par des plaques de verre, de mica ou de corne. On pourrait aussi, dans cette circonstance, placer la lampe simple dans une lanterne de verre ou de corne, dont la porte serait ouverte ou aurait été enlevée.

Je n'ai pas cru inutile de rapporter tous ces détails donnés par M. Davy, relativement à l'application de la lampe de sûreté dans les mines. Quant aux souffleurs, il me semble convenable, pour éviter les répétitions, de renvoyer le lecteur au chap. I, pag. 217.

Il est naturel qu'on ait tâché d'améliorer un instrument aussi utile que la lampe de sûreté. On y fit plusieurs changements, tant pour lui donner encore un plus haut degré de sûreté, que pour rehausser son pouvoir illuminant. Il me faudrait entrer dans trop de détails, si je voulais décrire tous les changements qu'on a soit essayés soit proposés. Il y en a beaucoup que le praticien rejette à la première vue, comme étant peu conformes au but des lampes de sûreté. Je me contenterai d'examiner de plus près les épreuves faites dans les mines elles-mêmes, et les changements qui ont au moins l'apparence d'une amélioration quelconque.

M. Chèvremont (1), en faisant usage des lampes de sûreté, dans les mines de houille, aux environs de Mons, fut conduit à y faire quelques changements. Il trouva que la face plane supérieure du cylindre est si vivement attaquée par le sommet de

(1) *Annal. général. des sciences phys.* Bruxelles, 1819, tom. I, pag. 1, et tom. III, pag. 137. — *Journ. für Chem. u. Phy.*, tom. XXIX, pag. 36. — *Annal. der Phys. von Gilbert*, LXIX, pag. 353.

la flamme, qu'elle est trouée dans l'espace de quelque temps. Ce fut pour cette raison que déjà, en Angleterre, on avait tâché d'obvier à cet inconvénient, en donnant plus de solidité au cylindre, au moyen d'un second couvercle en fil qui passait pardessus le premier. Mais si, par malheur, avant que le premier couvercle soit troué par suite de la combustion, le second venait à être déplacé, de manière qu'il ne s'adapterait plus exactement de toutes parts, il n'empêcherait pas que l'incendie ne fût communiqué au dehors. On rapporte effectivement que, depuis que la lampe de sûreté est en usage, il y a eu, dans les mines du Hainaut, quelques explosions amenées par la circonstance précédente (1).

Pour obvier à cet inconvénient, M. Chèvremont fit construire le cylindre de la lampe de sûreté tel que seulement sa partie inférieure consistait en un tissu de fil, tandis que sa partie supérieure, aux deux tiers de la hauteur, était formée par une mince lame de cuivre percée de trous d'une grandeur égale à celle des mailles du tissu de fil. Les deux parties étaient attachées solidement l'une à l'autre au moyen d'un gros fil de fer.

A la mine de *Furth*, près d'Aix-la-Chapelle, on avait trouvé que la partie latérale des cylindres est toujours brûlée plus tôt que la partie plane supérieure. Comme, dans l'accident cité plus haut, qui eut lieu dans la mine d'*Abgunst*, le mineur malheureux s'était servi d'une lampe de sûreté ayant une chape en cuivre, on fut même porté à vouloir rejeter la cause de l'explosion sur cette dernière. C'est ce qui n'était pas juste; effectivement, si cette chape est fixée au cylindre d'une manière convenable et solide, elle n'offre qu'un seul désavantage, c'est que, ayant moins d'orifices qu'un couvercle formé d'un tissu de fil, elle contribue à limiter le courant d'air déjà plus ou

(1) M. Chèvremont (*Annal.*, par M. Gilbert, tom. LXIX, pag. 336) fait encore l'observation que, si le tissu métallique du couvercle est en fer, et qu'il soit devenu rouge, il s'oxyde en décomposant la vapeur d'eau produite dans l'intérieur du cylindre, par suite de la combustion.



moins faible dans le cylindre. D'un autre côté, le cylindre acquiert par là plus de force et de solidité (1). Du reste, à la mine de *Furth* et à d'autres mines, on a donné plus tard la préférence à la lampe de M. Chèvremont.

Quant au tuyau adapté par M. Chèvremont extérieurement au réservoir d'huile, son but consiste en ce qu'on peut verser de l'huile, tout en se trouvant au milieu de grisoux.

Ce tuyau saillant a le désavantage de pouvoir être facilement ôté par un choc quelconque. En conséquence, il serait préférable de donner au réservoir d'huile une capacité telle qu'on n'ait pas besoin de verser de l'huile, pendant la durée d'une tâche. Plus la lampe de sûreté est simple, mieux elle convient au mineur.

Pour ce qui concerne l'appareil essayé par M. Chèvremont, dont le but est d'empêcher le mineur de dévisser le cylindre, il faut faire observer que le trou de la serrure peut être aisément bouché par la saleté et la poussière de houille qui se trouvent dans la mine.

Pour faire cesser les plaintes des mineurs, provenant de ce que la lampe de sûreté n'éclaire pas suffisamment, M. Neumann, en Angleterre, proposa de fixer, à la hauteur de la mèche, une lentille de verre qui, sur l'un des côtés, est plane, et sur l'autre, convexe.

D'après M. Chèvremont, une telle lentille n'est pas conforme au but indiqué, puisqu'elle ne rend la lumière plus intense que d'un seul côté. En sus, elle est coûteuse, surtout parce qu'elle est souvent cassée par les mineurs. Au lieu de cette lentille de verre, M. Gossart, apothicaire à Mons, a pourvu la lampe de sûreté d'un réflecteur parabolique. D'après les expériences de M. Chèvremont, ce dernier est préférable à la lentille.

---

(1) J'ai pourvu également de telles chapes les lampes de sûreté que j'ai fait confectionner (chap. VII), et j'ai trouvé que cette disposition est très-conforme à leur but.

Cependant, les essais que l'on a tentés avec les lampes de sûreté, pourvues de tels réflecteurs, dans les mines des provinces de la Prusse rhénane et dans celles de la Silésie, ne furent rien moins que favorables. D'après des expériences qu'on a faites, ces réflecteurs augmentent à la vérité à peu près du double l'intensité de la lumière, de manière que les lampes éclairent encore à la distance de 12 pieds. Mais il ne faut que quelques heures, pour que la surface polie des réflecteurs se noircisse, par la suie de la flamme et par la fine poussière de houille, de sorte qu'elle finit par refuser le service auquel elle est destinée. En outre, le réflecteur diminue environ de la moitié le courant d'air déjà limité par l'espace étroit dans lequel la flamme se trouve renfermée. Enfin, la flamme, dans ces lampes, était toujours faible.

En Angleterre également, M. M.-J. Robert (1) adapta aux lampes de sûreté des réflecteurs analogues. Il part du point de vue, à la vérité exact, que tout moyen capable d'augmenter l'intensité de la lumière, sans être préjudiciable à la santé du mineur, rehausse l'utilité de la lampe de sûreté. Il n'y a que la portion de lumière qui tombe sur le lieu où le mineur travaille, qui lui soit réellement utile. En conséquence, il serait très-bon de concentrer, au moyen d'un réflecteur, la lumière à ce point. Guidé par cette considération, M. Robert fixa, à l'extérieur de la lampe, un second réflecteur concave, qui peut être tourné dans tous les sens. Il espère que cette disposition sera d'une grande utilité, dans les mines où sont exploitées des couches puissantes, et où les mineurs doivent souvent travailler au toit des tailles, le lieu d'accumulation des grisoux.

Dans ce cas, il faudrait placer la lampe sur le mur, où l'air est le moins infect, et où conséquemment la flamme est la plus grande. Au moyen du réflecteur extérieur, la lumière serait alors concentrée vers le point du toit où le mineur travaille. Suivant

---

(1) *London Journal of Arts and Sciences, juny* 1831.

des expériences faites à ce sujet, la lampe put être éloignée, de 15 à 20 aunes, de l'endroit où il fallait voir.

Tous les avantages d'une telle disposition seraient réels, sans la circonstance désavantageuse, dont j'ai parlé plus haut. Au lieu de se servir de réflecteurs en étain, on conseilla d'en employer qui fussent d'argent. Abstraction faite du prix plus élevé de l'argent, ces réflecteurs seraient encore moins applicables, attendu que l'argent est noirci très-facilement par des exhalaisons sulfureuses.

Du reste, j'ai entendu des mineurs qui faisaient usage de la lampe de sûreté, se plaindre souvent moins de ce qu'elle répand si peu de clarté que de ce qu'elle est difficile à manier, à cause de sa trop grande longueur. On obligera donc fort peu ces mineurs, si, en employant des réflecteurs, on rend la lampe encore plus compliquée.

Un employé de mines fit la remarque qu'un réflecteur aurait une utilité particulière, dans le cas où la lampe de sûreté serait introduite dans un fort courant de grisoux. Dans ces circonstances, il serait possible que l'incendie fût communiqué au dehors. Si le réflecteur forme un demi-cylindre, ou plutôt s'il embrasse plus de 180°, le courant, de quelque côté qu'il vienne, ne saurait pousser la flamme à travers le tissu de fil. L'effet réflecteur d'un tel paravant ne serait alors qu'accessoire. Comme il est fixé à l'extérieur du cylindre, on peut facilement et à différentes reprises ôter la saleté qui s'y est attachée.

Les résultats des expériences qui ont été faites, dans les grisoux, avec des lampes de sûreté, et qui seront communiquées dans le chapitre suivant, montrent du reste que le passage d'air, comme il a lieu ordinairement, ne communique pas l'incendie au dehors, tandis que la lampe est éteinte par des courants très-violents. Quant à moi, je connais nombre d'exemples où même les lampes ordinaires sont éteintes par des courants bien forts, tels qu'ils ont lieu, par exemple, si une partie du toit se précipite, ou si la houille est jetée d'un lieu supérieur. Assu-

rément, il en sera de même de la lampe de sûreté, si elle vient à être atteinte par un fort courant de grisoux.

M. Bischof (1) a communiqué les résultats d'une série d'expériences qui semblent en contradiction avec ce qui précède. Il a trouvé qu'aucun tissu de fil n'est capable de retenir la flamme rapide d'un mélange détonant, formé de 1 partie d'oxygène et de 2 parties d'hydrogène. Même un faisceau composé de 130 fils, dont chacun est large de 0,01 de pouce, et long de 4 $\frac{1}{2}$ p., et laissant entre eux des interstices dont chacun a une section transversale moyenne de 0,00008 de pouce carré, permet, à une flamme qui se meut avec rapidité, de pénétrer à travers lui (2).

Il s'agit seulement ici de savoir si ces résultats sont absolument applicables aux lampes de sûreté. D'abord, il faut remarquer que M. Bischof expérimenta avec les mélanges gazeux les plus détonants. Mais, dans les mines, on ne rencontre heureusement que celui de ces mélanges qui est le moins explosif. Ensuite, il est à observer que l'inflammation ne pouvait pénétrer, à travers le faisceau de fils, que lorsque la flamme se mouvait très-rapidement par un tuyau. Dans la lampe de sûreté, la flamme ne peut recevoir un mouvement très-rapide, dirigé vers l'extérieur, que lorsque le tissu est atteint par un courant d'air violent et rapide. Or, plus le courant d'air est fort, plus il refroidit la flamme ; il finit donc par l'éteindre, avant qu'elle pénètre à travers le tissu. Ainsi, il y a une différence marquée entre le mouvement d'une flamme, c'est-à-dire d'un gaz brûlant, et celui d'un mélange gazeux détonant qui ne brûle pas. Supposons que deux tailles communiquent entre elles par un trou, que toutes les deux soient remplies de mofettes inflammables, et qu'un tissu de fil se trouve tout près du trou. Si le mélange gazeux détonant qui se trouve d'un côté du tissu de

---

(1) *Journal für pract. Chemie,* tom. XIV, pag. 129.

(2) Ce sont là les expériences que déjà feu M. De Grotthus désirait faire. *Annal der Physik,* par M. Gilbert, LXIX, pag. 243.

fil s'embrase, la flamme ne manquera pas de passer, avec une grande rapidité, par le tissu, à travers le trou, et de communiquer l'inflammation de l'autre côté. Dans ces circonstances, qui ne peuvent être produites qu'artificiellement, le tissu de fil ne mettrait plus à l'abri du danger. Si, au contraire, le mélange gazeux détonant qui se trouve d'un côté du tissu et du trou, et qui ne brûle pas, se meut avec rapidité à travers le tissu, il n'est pas probable que l'incendie se communiquera par la gaze métallique. Les expériences qui seront exposées dans le chapitre VII, montrent du moins que, si dans les grisoux on communique aux lampes de sûreté le mouvement le plus rapide, elles mettent à l'abri du danger, aussi bien que si elles sont en repos.

M. Davy dit (1) : toutes les fois que des courants rapides d'un mélange gazeux détonant passent sur une toile métallique, celle-ci est chauffée bien vite ; c'est pourquoi le même tissu retiendra la flamme de mélanges explosifs, si ces derniers sont en repos ; il la laissera passer, s'ils ont un mouvement rapide ; que si l'on agrandit la surface réfrigérante, soit en diminuant les ouvertures, soit en augmentant leur profondeur, *on peut* retenir chaque flamme, quelle que soit la rapidité avec laquelle elle se meut. Les expériences de M. Bischof ont prouvé l'exactitude de cette assertion. En effet, un faisceau composé de 140 fils, dont les interstices avaient chacun une section transversale moyenne de 0,00007 de pouce carré, empêcha réellement la flamme du mélange gazeux le plus détonant de passer à travers ces interstices, quoiqu'elle se mût avec une grande vitesse. Il n'y a pas de doute que, si le mouvement de la flamme avait été encore plus rapide, ces interstices excessivement petits n'eussent également opposé résistance à la pénétration de la flamme. C'est un bonheur, je le répète, que de telles circonstances ne se présentent jamais dans les grisoux. Si même elles s'y présentaient, on pourrait à la vérité conserver aux tissus

(1) *Journ. de chimie*, par Schweigger, tom. XX, pag. 169.

leur sûreté, en augmentant la surface réfrigérante, mais la lumière perdrait presque totalement son intensité.

Pour ce qui concerne les cas où la lampe de sûreté est éteinte, parce que le gaz inflammable s'est amassé en trop grande quantité dans les grisoux, M. Davy avait déjà fixé par-dessus la mèche un fil de platine tordu en forme de spirale (1). Le fil de platine restant, comme on sait, incandescent dans ces circonstances, donne au mineur assez de lumière pour qu'il puisse s'orienter dans les tailles. M. Chèvremont a fait quelques améliorations concernant l'application convenable de ce fil de platine.

Quelque ingénieux que soit un tel appareil, son usage ne laisse pas de présenter quelques difficultés, comme il est reconnu par tous ceux qui ont fait des expériences avec la lampe de Davy désignée sous le nom de lampe sans flamme. Pour qu'elle atteigne son but, il faut que le fil de platine soit appliqué convenablement et qu'il se trouve à une certaine distance de la mèche. Il est à peine à supposer que ces rapports ne soient pas presque continuellement changés, à cause des secousses et des mouvements variés auxquels la lampe est exposée dans les grisoux, de sorte qu'il peut arriver que le fil de platine refuse son service, justement dans le moment où il devrait répandre de la lumière. On sait qu'un fil de platine rehausse considérablement l'intensité d'une flamme qui ne luirait que faiblement. Mais, comme le carbone qui, par suite de la combustion de l'huile, devient libre, rougit dans la flamme et en augmente conséquemment l'intensité, on ne peut pas attendre beaucoup de l'effet du fil de platine, quand on se sert d'une lampe à huile, quelque faible ou quelque intense qu'en soit la flamme.

(1) *Annal.* par M. Gilbert, tom. LVI, pag. 251. L'incandescence du fil de platine cesse, si le gaz inflammable s'est accru à un tel point qu'il vaut les $\frac{2}{5}$ de l'espace occupé par l'atmosphère. Ainsi, tant que cette incandescence continue, on ne court pas le danger d'être suffoqué.



M. Agre (1) crut améliorer la lampe de sûreté, en fixant un disque de fer à un crochet formé d'une composition métallique très-fusible, et appliqué supérieurement au couvercle du cylindre. Si ce disque est rougi, dans les grisoux, par la flamme agrandie de la lampe, le crochet entre en fusion, le disque tombe sur la flamme et l'éteint. Le but de cette disposition serait d'empêcher le cylindre d'être brûlé promptement par la flamme, et d'éteindre la lampe au moment où elle pourrait devenir dangereuse au mineur.

Il n'est pas facile de donner à la composition métallique le degré de fusion convenable, pour que le crochet ne se fonde ni trop tôt, avant qu'il y ait du danger, ni trop tard. En outre, on pourrait se demander si la flamme, comprimée par le disque qui tombe, n'est pas forcée de passer par le tissu, avant qu'elle soit éteinte, et de communiquer ainsi l'incendie au dehors? Les appareils de cette espèce sont superflus, si la lampe de sûreté a été éprouvée dans les grisoux les plus forts. Dans la plupart des cas, il suffirait, pour modérer l'incandescence du tissu, de poser la lampe sur le mur de la mine, attendu que les mélanges explosifs y sont presque toujours plus faibles qu'au toit.

J'ai ouï dire qu'il s'est formé à Liége une commission qui a pour but d'examiner les lampes de sûreté; elle a aussi, à ce qu'on dit, fixé son attention sur la valeur de ce dernier changement fait à la lampe. Cependant j'ignore quel jugement elle en a porté.

Les lampes patentées d'Upton et de Robert se distinguent des lampes de sûreté ordinaires, en ce que le cylindre de fil est entouré d'un cylindre en verre, qu'elles ont un anneau destiné à régler l'accès de l'air, et que sous la mèche il se trouve un tissu de fil double.

Leur avantage principal consisterait en ce qu'on peut s'en

(1) *Allgemeines Organ für Handel u. Gewerbe des In-und Auslandes*, n° 91 *vom* 15 *October* 1835.

servir dans les cas où l'on fait des percements vers des endroits infectés de grisoux, sans qu'on ait à craindre l'effet d'un courant d'air qui pourrait avoir lieu subitement. Même si le verre se cassait, ce qui n'arrive pas rarement, la lampe se transformerait en une lampe de sûreté ordinaire.

L'idée sur laquelle se fonde la construction de cette lampe n'est pas neuve. M. Davy a déjà proposé (pag. 218) d'appliquer deux cylindres, l'un des deux pourrait être de verre, etc. Stephenson a construit également une lampe, dont la flamme se trouve renfermée dans une cheminée de verre. En 1815, la société savante de Newcastle avait déclaré cette nouvelle lampe préférable à plusieurs autres. Déjà en 1814, M. Chèvremont (1), comme il le dit lui-même, avait été conduit à une idée analogue, qu'il ne publia pas, parce qu'il s'était convaincu de l'insuffisance d'un tel appareil dans les mines.

L'administration royale des mines de la Prusse a fait examiner ces lampes. M. Striebeck, ci-devant mineur juré, a fait cet examen dans la mine de *Gouley*, près d'Aix-la-Chapelle. Muni de cette lampe, il entra dans la mine, ce qui lui fut très-difficile, puisque, tant que le cylindre de verre était adapté, elle s'éteignait, à chaque mouvement ordinaire. Comme le courant d'air, dans la galerie de roulage principale, était suffisant, on ouvrait la lampe, toutes les fois qu'elle s'était éteinte, pour la rallumer ; ce qui eut lieu 30 à 40 fois, pendant un chemin d'environ 480 toises. Comme la lampe de sûreté ordinaire, dont le compagnon de M. Striebeck était pourvu, ne s'éteignit pas même une seule fois, on ôta le cylindre de verre pour voir, si peut-être, la lampe patentée était défectueuse. Celle-ci, changée par là en une lampe de sûreté ordinaire, pouvait être, à l'instar de toute autre lampe, mise en mouvement de côté et d'autre, sans qu'elle s'éteignît. Ce ne fut qu'avec beaucoup de peine qu'on parvint à porter la lampe munie du cylindre de verre

---

(1) *Annal*, par Gilbert, tom. LXIX, pag. 362.

allumée dans le lieu où se trouvaient les grisoux. On trouva que la flamme ne tarda pas à s'allonger et à se remplir de gaz brûlant, de sorte qu'elle indiqua la présence des grisoux, plus tôt que la lampe de sûreté ordinaire.

Du reste, on voit qu'il ne manquait à cette lampe que le courant d'air. Si on la considère de plus près, on trouve aisément ce défaut. Il est de fait que le courant d'air est toujours faible, si l'air passe latéralement sur la substance combustible. J'ai eu l'occasion d'examiner de plus près la lampe patentée d'Upton et de Robert, qui a servi à l'expérience précédente. A la distance d'un pouce au-dessous de la mèche, dans la partie supérieure du réservoir d'huile, il y a 31 trous, par lesquels l'air entre latéralement, après avoir pénétré par deux tissus de fil tendus par-dessus, et passe ensuite sur la mèche. Il est à prévoir que le courant d'air deviendrait de beaucoup meilleur, si, au lieu des ouvertures faites latéralement, on pratiquait quelques canaux perpendiculairement par le réservoir d'huile, auxquels on appliquerait en haut et en bas des tissus de fil. Si l'on donnait à la lampe cette disposition, elle pourrait, comme la lampe de sûreté ordinaire, supporter tout mouvement sans s'éteindre. En outre, la lampe en question est beaucoup trop massive; surtout la chape qu'elle porte, qui diminue l'intensité de la lumière.

Une seconde lampe patentée d'Upton et de Robert, que l'administration centrale des mines à Berlin a envoyée aux mines de houille des provinces occidentales, pour être examinée, est, à la vérité, moins massive; le cylindre de verre est un peu plus haut, et, par suite, l'éclairage meilleur. Elle est également, à mon avis, trop lourde et trop chère (1), pour qu'on puisse en faire usage. Comme du reste elle est construite de la même manière que la précédente, elle s'éteindra avec la même facilité.

---

(1) Elle a coûté 40 francs.

Si l'on attache une importance particulière à la construction précédente, il sera toujours facile de transformer une lampe de sûreté ordinaire en une lampe d'Upton et de Robert : on n'a qu'à pratiquer par le réservoir d'huile quelques canaux pour donner passage à l'air, à y appliquer des tissus de fil et à placer, entre le cylindre de fil et les piliers métalliques, un verre à lampe cylindrique, tel qu'on l'emploie ordinairement; ce dernier est fixé supérieurement d'une manière toute simple.

La question : quel est le métal (fer, cuivre ou laiton) qui mérite la préférence, pour la confection des tissus de fil, se résout de deux manières, suivant qu'on a égard à la théorie ou à la pratique(1).

D'après la théorie de Davy, le meilleur conducteur de la chaleur parmi les métaux, ainsi particulièrement le cuivre, conviendrait le mieux. Il semble que Davy n'y ait pas attaché une grande importance. Effectivement, il n'y a pas de doute que, pour ce qui concerne l'usage de la lampe, il ne faille avoir en vue plutôt la solidité du fil métallique que la circonstance qui précède. Aux mines près d'Aix-la-Chapelle, on donnait, pendant quelque temps, la préférence au fil de fer; on croyait avoir trouvé que les cylindres en fil de laiton sont moins durables. Plus tard, on fut également très-content du fil de laiton, parce que le laiton est moins sujet à se rouiller que le fer. On trouva le fil de cuivre moins convenable, parce qu'à cause de son peu de dureté, il souffre trop lorsqu'on nettoie le cylindre. Quant au laiton, il faut observer qu'il contient, pour la plupart, trop de zinc qui le rend trop fusible et trop oxydable.

Lors de l'exploitation des galeries les plus inférieures qu'on fit dans la mine d'*Abgunst*, près d'Aix-la-Chapelle, où les grisoux furent très-intenses, il arrivait souvent que, pendant la

(1) Si le géomètre souterrain se sert de la lampe de sûreté, on conçoit que ni le tissu ni une partie quelconque de la lampe ne doivent être en fer. Dans ce cas, il ne reste donc qu'à choisir entre le cuivre, le laiton ou l'argent.



durée d'une tâche, plusieurs cylindres fussent troués, par suite de la combustion. Dans les expériences (chap. VII, pag. 339) qu'on fit dans de forts grisoux avec une lampe de sûreté qui avait un tissu de fil de laiton tout neuf, ce dernier fut également brûlé.

M. John Buddle (1), au contraire, rapporte qu'un tissu de fil, vraisemblablement en fer, ne se trouva nullement endommagé, après qu'on eut fait un usage continuel de la lampe, pendant 3 mois de suite, pourvu que le mineur l'eût maniée avec les soins nécessaires. Ainsi M. Buddle ne croit pas que la lampe puisse être endommagée par des causes ordinaires, sans qu'on s'en aperçoive à temps pour empêcher des malheurs.

M. H. Davy (2) fit brûler, pendant plus d'une heure, une lampe de sûreté, avec laquelle on avait fait au moins 50 expériences, dans le mélange le plus explosif, formé de gaz provenant de la houille, sans qu'elle fût endommagée le moins du monde.

Si l'on prend en considération que la facilité, avec laquelle les métaux ignobles sont oxydés et détruits, est *dépendante de* leur nature chimique, et de la température à laquelle ils sont exposés, pendant plus ou moins longtemps de suite, on concevra que les résultats que l'on a obtenus jusqu'ici, relativement à la durée des tissus de fil, ne sauraient être identiques. D'après des principes chimiques, il faudrait que les fils du cylindre même, comme on sait le fil de fer, au lieu de s'oxyder, fussent réduits dans la chaleur par le gaz inflammable, s'ils ont été oxydés. On serait tenté de conclure de là que les cylindres, par l'usage qu'on en fait dans les grisoux, sont conservés, au lieu d'être abîmés, et qu'ils le sont d'autant plus que le gaz inflammable se trouve en plus grande quantité. Il est possible qu'il faille chercher ici l'explication d'un phénomène observé

---

(1) *Annal.*, par M. Gilbert, tom. LVI, pag. 130.
(2) *Idem*, pag. 131.

dans plusieurs mines, c'est que les cylindres qui ne sont pas employés se rouillent aussi vite que ceux dont on fait usage.

Quoiqu'il en soit, il faut que les employés de mines veillent à la conservation et à la révision fréquente des tissus de fil, et qu'ils mettent hors d'usage tous ceux qui se trouvent tant soit peu endommagés.

L'administration des mines de la Prusse n'a pas manqué de fixer bien souvent son attention sur la destruction plus ou moins facile de tous les tissus de fil formés de métaux ignobles. On commença naturellement par substituer des tissus d'argent ou de platine aux tissus confectionnés de métaux ignobles. Moi-même j'ai eu l'occasion, comme on le verra dans le chapitre suivant, de faire dans des grisoux quelques expériences avec des tissus de fil d'argent; j'ai obtenu des résultats très-favorables. J'avais en vue d'étendre mes expériences à un tissu de fil de platine; et, à cet effet, j'ai acheté la quantité suffisante de ce fil. Malheureusement je ne m'étais pas attendu à ce que, pour la confection d'un tissu de fil sur le métier de tisserand, il faut au moins deux fois autant de fil qu'il en est requis pour le tissu lui-même. J'ai à la vérité commandé une seconde quantité de fil de platine; mais je ne crois pas qu'avant la fin de mon mémoire, il me soit possible de faire, dans des grisoux, des expériences avec un tissu de fil de platine (1).

M. Graham (2) croit avoir fait l'observation que le tissu de fil de la lampe de sûreté devient bien plus impénétrable à la flamme si, auparavant, il a été plongé dans une dissolution de potasse; par cette opération, il serait en même temps préservé de la rouille. Si cette assertion était constatée par des expériences ultérieures, que l'on ferait le plus convenablement, dans les grisoux eux-mêmes, ce serait une découverte très-impor-

---

(1) Je ne manquerai pas de faire encore ces expériences, outre plusieurs autres, attendu que je ne cesserai pas de m'occuper du sujet en question.

(2) *Philos. Mag.*, vol. VIII, pag. 411.



tante. Je ne manquerai pas de faire ces expériences, dès que j'aurai de nouveau l'occasion d'expérimenter dans des grisoux (1).

J'ai déjà parlé précédemment des tentatives que l'on a faites jusqu'ici pour rehausser l'éclairage de la lampe de sûreté. Le traducteur des mémoires de M. Davy sur la lampe de sûreté (2) a donné un léger aperçu sur les moyens de comparer ces lampes, sous les deux points de vue de leur impénétrabilité à la flamme, et de leur intensité de lumière. Il suppose que la perméabilité à la flamme d'une gaze métallique ne dépend point de la grandeur de ses ouvertures (3) ; elle dépend de la distance qui, dans chaque ouverture, se trouve entre les deux côtés opposés les plus près l'un de l'autre. Ainsi, un tissu à ouvertures carrées, d'une ligne de côté, serait beaucoup plus facilement pénétré par la flamme que ne le serait celui dont les ouvertures, se trouvant rectangulaires, auraient 4 lignes de long, sur $\frac{1}{2}$ ligne de large. Et cependant la surface des premières ouvertures serait moitié moins grande que celle des secondes. Il suit de ces principes :

1° Que si l'on pouvait employer des cylindres de fils métalliques sans tissu, c'est-à-dire, composés seulement de fils horizontaux ou verticaux très-près les uns des autres, on aurait des lampes très-imperméables à la flamme, et qui toutefois donneraient beaucoup de clarté ;

2° Que l'une des espèces de fil du tissu (la chaîne sur la trame), ne contribuant en rien à la sûreté de la lampe, mais servant seulement à consolider l'autre espèce de fil, on doit, dans la construction des gazes, ne donner à la chaîne ou à la

---

(1) Je regrette que les endroits qui conviennent à des expériences analogues, soient un peu trop éloignés de mon domicile, et que je ne puisse pas toujours satisfaire à mes désirs.

(2) *Annal. des mines*, tom. I, pag. 219.

(3) Les ouvertures carrées font exception, mais c'est un cas particulier.

trame que le nombre de fils nécessaires pour ne pas altérer la solidité du tissu (1).

Le traducteur développe quelques formules et compare l'intensité de lumière d'un certain nombre de lampes prises deux à deux, dont les unes ont des ouvertures carrées et les autres des ouvertures rectangulaires (16 fils en trame et 30 en chaîne, par pouce carré). Il trouve que la dernière lampe donnerait plus de lumière que la première (environ un dixième de plus), et qu'elle serait beaucoup plus sûre.

On ne saurait douter du premier point; mais, pour ce qui concerne le dernier, il est à souhaiter que, pour constater la réalité de l'assertion théorique, on compare entre elles des expériences faites, dans les grisoux, avec des tissus à ouvertures carrées et à ouvertures rectangulaires. Tout ce qu'on gagne, par rapport à l'éclairage de la lampe de Davy, sans qu'il soit porté préjudice à sa sûreté, a de l'importance.

Les résultats des expériences faites, avec des lampes de sûreté, dans les grisoux (chap. VII), font espérer que les ouvertures dans les tissus de fil pourront être encore considérablement agrandies, sans que la sûreté en souffre. Que si cela n'était pas praticable dans tous les grisoux, on pourrait le faire néanmoins dans ceux qui sont formés de gaz inflammables, auxquels se trouve mêlée une quantité d'azote un peu considérable.

Il est possible qu'en augmentant le courant d'air, dans les lampes de sûreté, on parvienne à produire un éclairage plus intense. J'en ai déjà parlé plus haut, lorsqu'il fut question des lampes de sûreté d'Upton et de Robert. Cependant, je ne suis pas d'avis qu'il faille renoncer à la simplicité nécessaire à un appareil qui doit être confié aux mains d'ouvriers ordinaires, si l'on n'est pas sûr d'atteindre par là des avantages essentiels.

La suie qui s'attache à la surface intérieure du tissu de fil, la saleté et la poussière de houille qui en couvrent la surface

(1) *V. Libri, dans la Bibliothèque universelle,* tom. XXXIV, pag. 173.

extérieure, contribuent puissamment à diminuer l'intensité de la lumière. C'est pourquoi il ne faudrait jamais négliger de nettoyer le tissu, au moyen d'une brosse peu dure, toutes les fois qu'on s'est servi de la lampe. Si la lampe de sûreté, telle qu'elle est construite à l'ordinaire, est couchée horizontalement, elle permet à l'huile de s'écouler et d'enduire le tissu; de là il arrive que la poussière de houille répandue dans les mines s'attache encore plus aisément au tissu, et bouche les ouvertures. Pour obvier à ces inconvénients, M. J. Robert (1) entoure la mèche d'un couvercle en forme de coupole, ce qui sans doute est une disposition utile.

Je vais maintenant communiquer les expériences faites, sur l'efficacité des lampes de sûreté, dans des mines remplies de grisoux.

En 1835, la chambre des communes (2), en Angleterre, forma un comité, qui avait la mission de s'instruire exactement sur les malheurs arrivés dans les mines, et sur les moyens de les prévenir dans la suite; il dut faire un rapport sur le résultat de ses recherches. D'après une énumération tabulaire de John Sykes, à Newcastle, dans son *Local Records*, il s'ensuit que, depuis 1710, il y a eu, en Durham et dans le Northumberland, 1479 hommes qui ont perdu la vie par des explosions. En supposant que l'année 1816 soit celle où les lampes de sûreté étaient devenues d'un usage presque général, on trouve que, dans l'espace de 18 ans, avant cette époque, 447 hommes ont péri, tandis que dans l'espace de 18 ans, après cette époque, il en a péri 538. Ces malheurs multipliés pourraient, au premier abord, rendre suspecte la lampe de sûreté; mais il faut envisager que, de notre temps, l'exploitation de la houille est

---

(1) *London Journ. of Arts*, vol. XIII, n° 79, mai 1827.

(2) *Rep. of pat. Inv.* 1836. Febr. 109-124; march, 183-195; april, 246-258, et dans l'extrait de la feuille centrale polytechnique (*Polytechnisches Central-Blatt*) du 28 mai 1836, n° 30.

devenue beaucoup plus considérable, et qu'un grand nombre de mines que des dangers imminents forçaient autrefois d'abandonner, ont été activées de nouveau, après l'invention de la lampe de sûreté ; il faut songer enfin qu'après cette invention, on n'avait plus la même précaution et la même vigilance qu'auparavant.

Parmi les moyens capables de prévenir les accidents, dans les mines, le comité pose, comme principe fondamental, que chaque fonctionnaire veille soigneusement à l'emploi qui lui est confié et fasse son devoir. Il recommande ensuite trois points principaux, savoir : l'aérage, les plans souterrains et la lampe de sûreté. Comme la manière de produire un courant d'air convenable dépend de plusieurs circonstances locales, et que les plans souterrains, dans le cas à considérer, n'ont principalement d'importance que lorsqu'on a à craindre de vieux ouvrages remplis de mofettes inflammables ou d'eau, il suffit de considérer ici la lampe de sûreté.

L'usage très-répandu de cette lampe et la diminution du nombre des accidents qu'il eut pour suite, prouvent que, dans les circonstances ordinaires, c'est réellement une lampe de sûreté. Du reste Davy, à ce qu'on rapporte, a dit lui-même à ses amis qu'il peut se présenter des circonstances où la lampe est en défaut. Il est très-difficile de déterminer le nombre des cas où il y a eu des explosions, malgré l'usage soigneux de la lampe, parce qu'ordinairement les témoins ne vivent plus, et que les conjectures n'ont ici aucune valeur.

Certes, il est très-important que le simple mineur, à qui la lampe de sûreté est principalement confiée, la connaisse parfaitement (1); car, quoique le maniement de cette lampe soit très-facile en lui-même, il peut pourtant se présenter des cas

(1) Il est à espérer que les chimistes, à l'exemple de M. Gay-Lussac (*Annal.*, par M. Gilbert, tom. LXIX, pag. 253), ne manqueront pas de montrer toutes les expériences à faire avec la lampe de sûreté, et qu'ils rendront attentifs à toutes les précautions.



où un danger possible peut être éloigné, si la lampe est bien maniée. Le comité, à ce qu'il me semble, ne connaissait pas de cas déterminés, où, malgré l'usage soigneux de la lampe, il s'ensuivit pourtant des explosions. Quand bien même les témoins restent en vie, on ne peut pas ajouter beaucoup de foi à leurs rapports, puisqu'ils ne manqueront sans doute pas de rejeter la faute de leur imprudence sur la lampe de sûreté, si une explosion a eu lieu. M. Chèvremont cite des exemples où, dans des mines de la Belgique, des ouvriers ont dévissé le cylindre en fil pour allumer leurs pipes à la lampe. Je connais également des exemples analogues : c'est ainsi qu'un mineur, qui avait reçu pour la première fois une lampe de sûreté, la prit dans une main, tandis que de l'autre il tenait allumée la lampe ordinaire des mines, croyant que c'était un talisman qui, par lui-même, le mettait à l'abri de tout danger. M. Chèvremont remarque avec raison qu'il faut connaître cette classe d'ouvriers, pour savoir combien il est difficile de les déterminer à prendre les précautions nécessaires. Seulement, lorsqu'il y a eu des explosions à la suite desquelles des mineurs ont eu des accidents, et qu'on retrouve les lampes de sûreté intactes, tandis qu'on ne retrouve plus les lampes ordinaires des mines, on peut en conclure que la lampe de sûreté a occasionné l'explosion.

Revenons maintenant à ce que Davy doit avoir communiqué à ses amis. Il serait effectivement étrange que, dans ses écrits, il eût passé sous silence les cas où il croyait sa lampe en défaut; c'est ce qu'on ne peut pas présumer de Davy, ce naturaliste si distingué et si ami de la vérité ; d'autant moins qu'il ne s'agit pas ici d'une vaine gloire, mais d'une affaire dont dépend la vie des mineurs. Dans ce qui précède, j'ai exposé les expériences faites par Davy et par d'autres, dans le but d'éprouver les lampes de sûreté; dans ce qui suit, je communiquerai mes propres expériences à ce sujet. Si l'on résume les résultats de toutes les expériences faites avec le gaz inflammable des mines, on trouve qu'il n'y a que le seul cas (pag. 219, deuxième sé-

rie) où l'explosion ait été transmise au dehors (1). Mais dans quelles circonstances eut-elle lieu? Quand la lampe simple eut été fixée dans un courant de gaz des mines qui brûle, et dont la flamme avait une longueur d'environ 5 pieds; l'explosion n'eut lieu que parce que la combustion trop intense fit brûler le fil de fer avec projection d'étincelles. Mais est-il bien vraisemblable qu'un mineur, avec sa lampe de sûreté, se trouve jamais dans de telles circonstances, s'il emploie quelque précaution?

On connaît les souffleurs dans les mines, et comme je l'ai déjà fait remarquer dans le chapitre I, pag. 216, ce sont des exhalaisons de gaz qui n'ont pas de danger, si elles ont lieu dans des endroits où il y a un fort courant d'air. Mais, s'ils se trouvent dans des endroits qui ne prennent pas immédiatement part au passage de l'air, il faut donner au gaz inflammable, au moyen de tuyaux, une libre issue à l'extérieur, ou du moins il faut le conduire dans des endroits où il y a un violent courant d'air. Par cette précaution, qu'il ne faut jamais négliger, les gaz inflammables ne peuvent pas devenir nuisibles.

Il ne reste donc plus que deux cas possibles : ou le mineur, en détachant des minéraux, rencontre quelque part un nouveau souffleur, ou il fait un percement vers des endroits remplis de grisoux. Dans les deux cas, il est évident que le mineur ne peut pas suspendre la lampe à l'endroit où il exploite la houille ou abat les roches, et où, par conséquent, il peut s'attendre à un violent écoulement de gaz. Surtout dans le dernier cas, où l'on est presque sûr d'une exhalaison de gaz, ce ne serait que par une curiosité inexcusable que la lampe pourrait y être exposée. Mais si, ce qui arrive souvent par le concours malheureux de toutes les circonstances, la lampe de sûreté était néanmoins portée, par un hasard quelconque, dans le courant d'un souf-

(1) Davy, en décrivant ces expériences, n'a pas indiqué les tissus dont il se servait. Il n'y avait probablement pas moins de 670 ouvertures sur chaque pouce carré.



fleur considérable, ou d'une forte exhalaison de gaz provenant d'un vieil ouvrage, il ne pourrait y avoir une explosion dangereuse que dans le dernier cas. L'inflammation d'un souffleur ne peut devenir pernicieuse au mineur, que lorsque l'espace où il se trouve est déjà infecté de mofettes inflammables.

Si l'on se rappelle que, dans l'expérience citée ci-dessus de M. Davy, l'explosion ne fut transmise au dehors que quand la lampe de sûreté eut été fixée au point où la combustion était la plus intense, il s'ensuit qu'il reste au mineur assez de temps pour abaisser tout de suite la lampe, lorsqu'elle est placée dans le courant.

D'ailleurs, il arrive ordinairement qu'un fort courant d'un gaz inflammable des mines ou de quelque mélange détonant qui se jette sur la flamme de la lampe l'éteindra sans donner lieu à une explosion, pourvu que la flamme ne soit pas déjà allongée par la présence de gaz inflammables. Quelques expériences que j'ai faites, dans un souffleur très-violent, montrent effectivement qu'un fort courant d'un gaz inflammable des mines est en état d'éteindre la flamme. Je me servais d'une lampe de sûreté telle que le réservoir d'huile était horizontal au-dessus du courant du gaz inflammable. Si je l'abaissais très-lentement, jusqu'à la faire parvenir dans le courant, la flamme était toujours éteinte. C'est ce qui n'avait pas lieu, lorsque la lampe était abaissée un peu trop rapidement, ou introduite dans le courant, soit latéralement, soit de manière que le gaz passât d'abord par la partie supérieure du tissu. La flamme de la lampe n'était éteinte que lorsque le courant l'atteignait avant que, dans l'intérieur du cylindre, elle pût s'allonger, à l'aide du gaz enflammé. Mais elle ne pouvait plus être éteinte, si le gaz qui avait passé dans le cylindre s'allumait avant que le courant eût atteint la flamme de la lampe, ce qui arrivait surtout si la lampe avait été introduite dans le courant ou latéralement, ou de bas en haut. Même si, dans les dernières circonstances, le gaz continuait à passer rapidement sur la mèche, il arrivait à la vérité que la flamme de la lampe était éteinte; mais celle du

gaz inflammable dans le cylindre ne cessait pas de brûler, et enflammait à l'instant de nouveau la mèche, dès que celle-ci se trouvait hors du courant du gaz. Même la flamme d'une lampe dont le tissu avait des mailles aussi larges qu'il ne procurait plus de sûreté, s'éteignait si, dans les circonstances précédentes, elle était atteinte par le courant du gaz inflammable.

Après que le comité eût fait mention, dans son rapport, de ce que Davy doit avoir communiqué à ses amis, relativement à sa lampe, il ajoute l'observation remarquable que le préjugé, que l'on a, dans plusieurs contrées de l'Angleterre, contre la lampe de Davy, ne se fonde pas sur son défaut de sûreté, mais plutôt sur ce qu'elle répand une lumière trop faible, et qu'elle n'est pas aussi commode, pour les travaux, que la lampe ordinaire des mines.

On parle ensuite, dans le rapport, des améliorations faites à la lampe de sûreté par Newmann, Martin, Douglas, Wood, Dillon, Clanny, Agré, etc. On donne la préférence aux lampes d'Upton et de Robert, pourvu que, pour s'en servir, on ne rencontre pas de difficultés pratiques, ce qui peut réellement avoir lieu, comme nous avons vu plus haut. Guidé par des considérations théoriques, dans des circonstances qui ne sont pas tout à fait celles qui se présentent dans les mines; le comité, comme il est dit dans le rapport, a trouvé par des expériences que toutes les lampes, excepté celle de MM. Upton et Robert, communiquaient, à travers le tissu, l'inflammation au gaz environnant.

En effet, pour pouvoir apprécier ces expériences, il faudrait les connaître exactement. Il faudrait savoir principalement de quels mélanges explosifs on s'est servi; car, puisque tous les gaz inflammables, même le gaz hydrogène protocarboné préparé artificiellement, donnent des mélanges qui, par leur détonation, peuvent devenir plus dangereux que le gaz inflammable des mines, il n'y a que les expériences faites avec ce dernier qui puissent donner des résultats applicables à l'usage de la lampe de sûreté dans les mines.

Dans le rapport, il est dit que, d'après M. Goldsworthy Gurnay,

mécanicien et chimiste, le feu grisou (*fire damp*) est un mélange de gaz hydrogène carboné et d'air atmosphérique, conenant parfois un peu de gaz hydrogène pur et quelques autres gaz. Comme ni M. Henri, ni M. Thompson, ni M. Davy, ni moi, nous n'avons trouvé de gaz hydrogène, dans le gaz inflammable des mines, il est bien permis de douter de la vérité des données précédentes. Cette circonstance cependant est très-importante, parce que la présence du gaz hydrogène à l'état libre rendrait le gaz inflammable des mines beaucoup plus explosif. Il faut d'autant plus soupçonner des erreurs dans les données de M. Gurnay que, d'après lui, le gaz des mines devient explosif, si une partie du gaz inflammable est mêlée avec 4-9 parties d'air atmosphérique; tandis que, d'après les expériences de Davy, e mélange est encore détonant lorsque, sur 1 partie de gaz inflammable, il y a 14 parties d'air atmosphérique, et, d'après les miennes, quand il y en a 16-17. Si les expériences faites par le comité ont été dirigées par M. Gurnay, on ne peut pas ajouter beaucoup de foi aux résultats obtenus.

Si un mélange de gaz détonant, comme il est dit *dans le rapport*, passe, avec une vitesse de 300 pieds par minute, sur un tissu de fil ayant des ouvertures d'une grandeur quelconque, la flamme pénètre à travers le tissu.

Si, ce qui est à présumer, on entend ici par mélange détonant un mélange composé d'hydrogène et d'oxygène, il faut bien s'attendre à un tel résultat, si l'on envisage les expériences de M. Bischof, dont il a été question plus haut. Dans le rapport, on veut faire application de ce qui précède à l'emploi de la lampe de sûreté dans les grisoux; on dit que, si la lampe est mue, avec la vitesse indiquée, contre les grisoux, ces derniers s'enflammeront: ce qui n'est pas exact, puisqu'on ne peut pas conclure des effets de ce mélange détonant à ceux d'un mélange composé de gaz inflammable des mines et d'air atmosphérique.

Enfin, pour ce qui concerne l'assertion du comité, dans son rapport, que même une lampe de sûreté en repos peut produire une inflammation du mélange détonant, si de petites por-

tions de matières inflammables se déposent à l'extérieur du tissu métallique et s'allument, elle est applicable à un mélange formé d'hydrogène et d'oxygène. Davy a montré, par les expériences indiquées ci-dessus, que, dans de telles circonstances, les grisoux ne sauraient être enflammés.

D'après toutes ces considérations, le comité, dans son rapport, n'indique pas de faits qui puissent être interprétés, d'une manière quelconque, au désavantage de la lampe de sûreté.

Peu de temps après que la lampe de sûreté eut été connue sur le continent, elle fut employée dans les provinces du Bas-Rhin faisant partie de la Prusse. Déjà le 19 janvier 1818, l'administration provinciale des mines, à Bonn, rendit un arrêté concernant l'emploi de cette lampe, dans les mines de houille du district de l'administration de Düren. Le 3 mars 1826, la même autorité publia une seconde ordonnance plus détaillée que la première, qui devait être appliquée également au district de l'administration de Saarbrücken.

Depuis ce temps, la lampe de sûreté est généralement employée, dans toutes les mines de ces districts, et on tient sévèrement à ce qu'on s'en serve, dans tous les cas.

Les expériences faites, dans ces mines, avec la lampe de sûreté pendant l'espace de 22 ans, sont, plutôt que les rapports vagues du comité, de nature à fournir des témoignages sur sa valeur. C'est par une faveur spéciale des autorités royales des mines de ces districts que j'ai pu parcourir tous les actes concernant la lampe de sûreté; je suis conséquemment à même de faire les communications officielles qui vont suivre.

D'après un protocole du 4 décembre 1836, sur la révision des lampes de sûreté, dans les mines de houille sur la Worm, il s'est trouvé, dans 10 mines, 597 lampes en bon état; le nombre des mineurs s'élevait à 1528. Les cylindres consistent, pour la plupart, en fil de fer; il n'y en a que peu qui soient faits en fil de laiton; il y a plus de 600 ouvertures sur chaque pouce carré. Dans la plus considérable de ces mines, qui est celle de Guley (*alte anlage*), on ne travaille qu'avec des lampes de sûreté. Du

reste, dans toutes ces mines, avant que les ouvriers commencent leur tâche, on prend soin de faire examiner, au moyen de la lampe de sûreté, tous les endroits où ils ne se relaient pas, aux changements de travail; il en est de même de toutes les places d'exploitation, qui sont examinées par un mineur, après les dimanches et les jours de fête.

Quoique, dans les mines de houille de l'Inde, on ne rencontre, à proprement parler, de grisoux que sur deux couches de la mine dite *Centrum*, et que, dans les trois autres mines, il ne s'en soit jamais montré de trace, il y a pourtant ici 30 lampes en réserve, et on prend les mêmes précautions que dans les mines précédentes.

Les douze mines de houille royales du district de Saarbrücken possèdent autant de lampes de sûreté (300-400) que l'ordonnance en prescrit, savoir : sur 5 mineurs, au moins une lampe. Chaque troupe d'ouvriers reçoit le matin, au moment d'aller commencer le travail, une lampe de sûreté, au moyen de laquelle celui qui en est le chef examine convenablement le point de travail, avant qu'une lampe ouverte y soit placée.

Dans les districts ci-dessus, la lampe de sûreté a été employée, nombre de fois, depuis 22 ans, même dans des grisoux très-forts; et quel est le résultat de cette longue pratique? Il n'y eut que deux explosions causées par la lampe de sûreté; elles eurent lieu en 1828. L'autorité a fait examiner de plus près ces deux accidents; il en est résulté ce qui suit.

Un mineur de la mine de *Hoheneich*, située sur le territoire de la Worm, reçut la lampe de sûreté en bon état et s'en servit pendant toute sa tâche.

Un sous-maître mineur, qui visita le travail, trouva la lampe encore intacte. Cependant, quatre heures plus tard, les grisoux s'enflammèrent; plusieurs ouvriers furent blessés, par suite de l'explosion. Après, on examina la lampe, et on trouva que, dans le cylindre de fil, un peu au-dessus de sa demi-hauteur, *trois mailles* étaient *brûlées;* l'explosion avait été occasionnée par la trop grande ouverture qui en était résultée.

La seconde explosion eut lieu, bien peu de jours après la première, dans la mine de houille d'*Abgunst*, située également sur le territoire de la Worm : un mineur en perdit la vie. Comme, par suite de cette explosion, de grandes masses de houille avaient été précipitées, et que l'air était très-infect, ce ne fut qu'après un travail pénible de plus de 3 mois qu'on put trouver le cadavre du mineur enseveli sous des masses de houille et de roches pesant plus de 2000 quintaux. Non loin du cadavre, on trouva également la lampe de sûreté. Elle était toute couverte de rouille; les masses tombées l'avaient comprimée; cependant elle était encore fermée. Une grande ouverture, à la partie supérieure de la petite chape en cuivre, et un trou qui se trouvait au cylindre, avaient été probablement produits par les masses qui y étaient tombées. Une fente, observée immédiatement au-dessous de la chape, montrait qu'il n'y avait pas eu à cet endroit d'endommagement venu du dehors; car les fils se terminaient ici en pointe vers l'extérieur. Il est par conséquent à présumer qu'à cet endroit les fils avaient été brûlés, ce qui avait donné lieu à l'explosion.

Un mineur qui travaillait non loin du premier dit que, pendant l'explosion, il avait senti un choc d'air; qu'il avait vu derrière lui tout en feu, et qu'il avait entendu un craquement du cuvelage et des roches. La lampe de sûreté du dernier était encore intacte; celle du malheureux était suspendue plus près du toit, et était, par cela même, plus exposée aux grisoux et à l'inflammation que celle de l'autre mineur.

Un troisième accident eut lieu, le 4 février 1838, dans la mine d'*Ath*, sur le territoire de la Worm : il coûta la vie à un mineur. J'ai vu moi-même la lampe de sûreté qui avait occasionné ce malheur; je crois qu'il n'est pas superflu de la décrire, pour prouver qu'une lampe confectionnée avec négligence peut causer des accidents.

Il paraît que, pour souder le couvercle en laiton de la partie supérieure du réservoir d'huile, on l'avait étamé à son pied, et enfoncé, avec la soudure encore liquide, dans le réservoir d'huile.

La soudure était par conséquent très-imparfaite; même si elle ne l'avait pas été, le tissu, devenu rouge dans les grisoux, pouvait néanmoins la ramollir, parce qu'il se trouvait en contact immédiat avec elle. Il arriva donc que le réservoir d'huile, par sa pesanteur, tomba, soit de lui-même, soit par suite d'un choc, que la mèche brûlante sortit du porte-mèche et donna lieu, de cette manière, à l'explosion. Des expériences ont montré que ce cas était possible, si la mèche est un peu trop mince, en comparaison du porte-mèche. Du reste, la vis de sûreté, destinée à empêcher l'élévation de la lampe de sûreté, dans la mine, semble aussi ne s'être pas adaptée exactement aux pas de la plaque de laiton supérieure.

Cette description fait voir que l'accident n'aurait pas eu lieu, si, dans la construction de la lampe en question, on avait observé la règle de Davy, d'après laquelle les jointures de la lampe doivent être soudées à la soudure forte.

Un quatrième accident a été empêché par la présence d'esprit particulière d'un mineur. Il vit que, dans les grisoux considérables de la mine d'*Abgunst*, le cylindre de la gaze *métallique* menaçait d'avoir un trou, par suite de la combustion. Lorsque les fils commencèrent à se dissoudre, il y mit tout de suite le pouce, courut vers le puits, où il n'y avait que de faibles grisoux, et jeta la lampe.

Les accidents ci-dessus, qui, depuis 22 ans, ont eu lieu dans les districts des mines indiquées, prouvent suffisamment qu'en employant la lampe de sûreté on n'a à craindre d'explosions que lorsque le tissu est troué par suite de la combustion, ou endommagé d'une manière quelconque, ou aussi si les lampes ont été mal confectionnées, surtout si elles ont été soudées à la soudure légère. Ainsi, il est nécessaire de faire une révision exacte des lampes de sûreté, avant leur emploi, et de rejeter celles dont les tissus sont endommagés d'une manière quelconque ou menacent même de l'être; enfin il faut les confectionner avec soin : il n'y a que de cette manière que les dangers puissent être prévenus.

Récemment encore, le 6 août 1839, il y eut un accident dans une mine de houille située dans le district de Saarbrücken ; ce fut dans celle de *Hostenbach*, exploitée par une société. Cet accident a montré qu'il peut arriver des malheurs, même si, d'après le règlement, tous les points de travail sont préalablement examinés au moyen de la lampe de sûreté, et que les travaux avec la lampe ordinaire n'ont lieu que lorsqu'on ne peut plus remarquer de trace de mofettes inflammables. D'après le rapport du fonctionnaire royal, les chefs de mines et les mineurs, en exploitant la couche, ont pris dans cette mine toutes les précautions possibles pour éviter une inflammation des grisoux qui se dégagent ici en grande abondance. L'aérage était bon ; et, avant que les mineurs ne pussent travailler avec les lampes ordinaires, les lieux de l'exploitation furent examinés attentivement, non-seulement avant la tâche, mais encore lorsque les différentes troupes d'ouvriers se rendaient à l'ouvrage. L'inflammation n'aurait pas eu lieu, si un des mineurs, au lieu de suspendre sa lampe au faîte, l'avait suspendue à la demi-hauteur de la taille : c'est une imprudence excusable, attendu qu'en examinant l'endroit à plusieurs reprises, on n'avait pas trouvé la moindre trace de mofettes inflammables, et qu'on supposait que le gaz inflammable qui pourrait se dégager, pendant l'exploitation de la couche, serait consumé par la lampe. Les grisoux, au toit de la place d'assemblage, étaient du reste peu considérables, puisque le mineur qui se trouvait le plus près de cette lampe ne fut pas du tout endommagé par leur inflammation. L'inflammation aurait même été sans suites préjudiciables, si elle ne s'était répandue jusqu'à la plus basse galerie, qui contenait une plus grande quantité de mofettes inflammables, et si elle n'y avait occasionné une seconde explosion plus forte que la première. Par suite du courant d'air, les produits irrespirables de la détonation s'élevèrent, étourdirent les ouvriers, et en étouffèrent deux, auxquels on n'avait pas pu porter un secours assez prompt. Ainsi, ce ne fut pas l'explosion elle-même, ce furent ses suites, les gaz irres-

pirables qui résultèrent de la détonation, qui ont amené la mort.

Cet accident montre de nouveau que les lampes appelées éternelles (chap. V, pag. 305) ne sont que de peu d'utilité. Il est vrai qu'elles consument les gaz inflammables qui se dégagent; mais seulement lorsqu'il s'en dégage justement autant qu'il en peut brûler, pour qu'ils ne s'accumulent pas. Dans le cas contraire, qu'on ne peut jamais prévoir, ils s'accumulent et finissent par former des mélanges explosifs; alors il est naturel que la lampe occasionne des explosions.

Des événements qui précèdent on déduit de plus une règle, dont il ne faudrait jamais s'écarter, c'est-à-dire, qu'en examinant les travaux, au moyen de la lampe de sûreté, il faut sonder principalement le faîte, et que, même si on n'y rencontre pas de grisoux, il ne faut jamais approcher du faîte les lampes ordinaires, soit pendant le travail, soit lorsqu'on entre dans la mine ou qu'on en sort.

Les nouvelles apportées de la Belgique parlent également beaucoup en faveur de la lampe de sûreté. La chambre des arts et métiers à Mons, déclara qu'elle était parfaitement convaincue de son efficacité, après qu'elle avait vu les expériences que M. Gossart, apothicaire, a faites, sous ses yeux, avec cette lampe (1).

En 1818, on avait achevé, au moyen de cette lampe, un ouvrage très-périlleux, auquel on n'osait travailler auparavant que dans l'obscurité, de sorte qu'on avançait très-lentement. Les grisoux s'enflammèrent, pendant la durée d'une seule tâche, plus de 150 fois dans l'intérieur du cylindre de fils; mais jamais l'incendie ne fut communiqué au dehors.

M. Chèvremont assure également, d'après ses propres ex-

---

(1) *Des grisoux et des moyens de préserver les mines de houille de leur inflammation*, par M. Gossart, 1818. Voy. aussi *Annal*, par Gilbert, tom. LXIX, pag. 232.



périences, faites pendant 18 mois, que ces lampes procurent une parfaite sûreté. On en faisait usage dans toutes les mines de houille situées à l'ouest de Mons ; et les mineurs étaient tellement persuadés de leur efficacité, qu'ils n'auraient pas voulu travailler à des endroits dangereux, sans en être munis.

Quoique tous les détails de ce chapitre fussent en faveur de la lampe de sûreté, je crus pourtant devoir saisir une occasion favorable que j'avais de faire moi-même des expériences, à trois souffleurs différents. Je les fis dans l'intention de m'assurer jusqu'à quel point la lampe de Davy était sûre. Il me semblait possible que différents gaz inflammables donneraient différents résultats, et que les résultats s'écarteraient de ceux de Davy. Je fis une partie de ces expériences, en recueillant simultanément du gaz qui provenait de ces dégagements, pour le soumettre à une analyse chimique. Ainsi, je ne connaissais pas encore alors les principes constituants de ces gaz inflammables. De là je fis plusieurs expériences qui, à la vérité, étaient instructives pour moi, mais qu'il serait superflu d'indiquer, puisqu'elles ne sont qu'une suite de la nature chimique différente de ces dégagements de gaz. Mais, après avoir analysé ces gaz, j'eus l'occasion de me rendre encore deux fois à deux de ces dégagements de gaz, et même trois fois à l'un d'entre eux, pour y continuer mes expériences.

J'ai déjà dit, dans le chapitre II, que deux de ces exhalaisons de gaz se trouvent dans la formation de houille proprement dite, tandis que la troisième se rencontre dans une formation de houille beaucoup plus récente. S'il m'intéressait de connaître la composition chimique des gaz inflammables qui se dégagent de formations d'un âge si inégal, il ne m'intéressait pas moins de répéter mes expériences, avec la lampe de sûreté, dans chacun de ces dégagements de gaz. On verra, dans le chapitre suivant, ce qu'on pouvait déjà conclure des résultats de l'analyse chimique, qu'effectivement la lampe de sûreté se montrait très-différente dans ses effets, exposée à ces différentes exhalaisons.

CHAPITRE VII.

EXPÉRIENCES QUE L'AUTEUR A FAITES, DANS LES GRISOUX, AVEC DES TISSUS DE FILS ET DES LAMPES DE SURETÉ.

Mes analyses chimiques des gaz inflammables qui se dégagent des soufflures *A*, *B* et *C* (chap. II), ont montré que ces gaz ne consistent seulement pas en hydrogène protocarboné pur, comme on l'admettait généralement, depuis les recherches de Davy, mais qu'ils varient beaucoup dans leur composition. Dans le chapitre qui va suivre, je décrirai les expériences que j'ai faites, à ces exhalaisons de gaz, avec des cribles de gaze métallique et des lampes de sûreté.

EXPÉRIENCES FAITES A LA SOUFFLURE *A*.

Je commence par rappeler ce que j'ai déjà dit dans les chapitres I et II, que le gaz inflammable qui se dégage de cette soufflure en sort, sans la moindre pression. Ainsi, les phénomènes qui se montraient, à la lampe de sûreté, dans cette exhalaison de gaz, seront les mêmes que ceux que l'on observerait dans un espace quelconque d'une mine de houille rempli des grisoux les plus forts, produits par un gaz inflammable de la même nature chimique, pourvu que ni l'air ni la lampe n'éprouvent un mouvement rapide.

1. Un tube de verre de 5 lignes de diamètre intérieur, ayant été luté dans la fissure d'où se dégage le gaz inflammable, on tint la lampe de sûreté brûlante devant le courant du gaz. Ce ne fut que lorsque le gaz passa sur la flamme de la lampe, qu'il s'enflamma dans l'intérieur du tissu de fil de fer, et produisit une flamme bleuâtre qui environna celle de la lampe en forme de manteau. Si le gaz passait sur la mèche de la lampe, la flamme s'agrandissait tellement qu'elle touchait à la plaque

du tissu de fil de fer. La flamme allongée était couleur d'orange, et très-éclatante; latéralement on voyait descendre de la fumée le long de la flamme : ce qui prouve que le gaz brûlant ôtait du gaz oxygène à la flamme d'huile et que, par conséquent, l'huile brûlait incomplétement. Si l'on abaissait la lampe, la flamme allongée couleur d'orange disparaissait peu à peu, et on ne remarquait que la flamme bleuâtre, dont il a déjà été parlé. A mesure qu'on abaissait la lampe, cette flamme devenait plus petite, enfin elle disparut entièrement. Si l'on faisait de nouveau monter la lampe, on ne remarquait, comme auparavant, la flamme bleuâtre environnant celle de la lampe, en forme de manteau, que si le gaz passait immédiatement sur cette flamme. Si la flamme de la lampe était très-petite, le tissu de fil ne se remplissait que d'une flamme bleuâtre; la flamme de la lampe ne s'agrandissait pas, elle ne faisait que répandre plus de clarté.

On ne parvint d'aucune manière à allumer, par la flamme du gaz brûlant, la lampe de sûreté, dans l'intérieur du tissu.

2. Si le gaz qui s'échappait du tube était allumé, il brûlait avec une flamme qui nécessairement avait une direction perpendiculaire (voir *fig.* 7, planche 2.)

Si le tube était introduit jusqu'au milieu du tissu, la flamme ne pénétrait pas à travers ce dernier; mais, comme on le voit par la *figure* 8, planche 2, elle se courbait le long du tube de verre, en sortant par l'ouverture du tissu.

Si l'on faisait entrer le tube jusqu'à peu près vers la plaque du tissu, le même phénomène avait lieu, avec la différence que la flamme se repliait le long du tissu, à la partie supérieure, comme on le voit par la *fig.* 9, planche 2.

Dans ces circonstances, une partie du gaz pénétrait, sans brûler, entre *a*, *b*, par les ouvertures de la gaze métallique; ce qu'on voyait évidemment, lorsqu'au moyen d'un linge, on fermait, près de *c*, *d*, l'ouverture de la gaze. Dans ce cas, il ne se montrait pas de flamme, à l'extérieur du tissu. Mais si, près de *a*, *b*, on tenait une lampe brûlante au-dessus du tissu, il y avait inflam-

mation du gaz qui pénétrait par les orifices, sans être brûlé; il se montrait alors le même phénomène que dans l'expérience précédente, où l'ouverture de la gaze n'était pas fermée.

Si l'on prend en considération que le tissu environnant la flamme du gaz brûlant, devait limiter beaucoup l'accès de l'oxygène atmosphérique, il est clair que, dans ces circonstances, il ne pouvait y avoir combustion que d'une partie du gaz qui s'écoulait par le tube. Il fallait donc que l'autre partie s'échappât par les orifices de la gaze, sans être consumée. Ce dernier gaz devait avoir à peu près la température de la flamme; ainsi, dans la supposition que sa température n'eût pas diminué, il se serait enflammé à son tour, si, à l'extérieur de la gaze, il avait été en contact avec de l'air atmosphérique pur. Or, pendant ce court trajet, cette diminution de température ne pouvait résulter que du pouvoir réfrigérant de la gaze métallique. Tel est, en effet, le principe sur lequel repose, d'après M. Hy. Davy, l'effet de la lampe de sûreté.

Libri (1), par ses recherches, se crut en droit de douter de l'exactitude de ce principe. D'après lui, les fils métalliques exerceraient sur la flamme un pouvoir répulsif. C'est pourquoi deux fils parallèles qui se trouvent tellement près l'un de l'autre, que leur distance ne surpasse pas le double rayon du cercle de répulsion, ne permettraient pas à une flamme de passer entre eux, pourvu toutefois qu'elle ne fût pas poussée par une force plus grande que celle de la répulsion.

Les phénomènes décrits plus haut semblent parler en faveur de cette opinion. Il semblait effectivement que la flamme fuyait le tissu, dès que le tube y était introduit. Or, puisque la portion du gaz inflammable qui, à défaut d'oxygène, ne pouvait pas brûler, dans l'intérieur de la gaze, passait réellement par ses orifices, on est nécessairement conduit à attribuer aux fils métalliques un pouvoir réfrigérant. Cependant, je ne m'arrê-

(1) *Bibliothèque universelle*, tom. XXXIV, p. 173.

terai pas à ces considérations théoriques, comme étant étrangères au but de ce travail. Quant à la théorie de Libri, je ne l'ai indiquée que parce que, si peut-être elle était exacte, elle influerait sur la construction la plus convenable des tissus métalliques. En effet, dans ce cas, on pourrait retrancher tous les fils horizontaux ou transversaux, à la réserve de ceux qui sont nécessaires pour donner de la solidité à la gaze. Alors la lampe procurerait le même degré de sûreté, abstraction faite de ce qu'elle répandrait beaucoup plus de clarté. Libri prétend avoir confirmé son opinion par des expériences. Or, comme remarque avec raison M. Erdmann (1), celui qui connaît le peu de soin que les mineurs apportent au maniement de leurs outils ne conseillera jamais de leur donner entre les mains des lampes construites à la manière de Libri. Il peut, en effet, arriver très-facilement, par un accident quelconque, que deux fils reçoivent un déplacement plus grand qu'il ne faut, et qu'il en résulte une explosion.

Dans mes expériences, que je viens d'exposer, il était naturel qu'à l'extérieur du tissu il ne pouvait pas s'accumuler de mélanges détonants. Mais, comme il était bien à souhaiter qu'on pût observer la lampe de sûreté, même dans les grisoux les plus intenses, j'ai fait construire pour ce but un appareil particulier. (Voir *fig.* 10, planche 2.)

Cet appareil consiste en un cylindre de carton, haut de 24 pouces, et ayant un diamètre de 15 pouces. Le couvercle et le fond sont en bois; l'un et l'autre peuvent être adaptés au cylindre comme le couvercle d'une boîte. Le couvercle muni d'une anse est percé de 5 trous, qui peuvent être fermés avec des bouchons de liége ordinaires. Le fond a 4 trous, dont deux, larges de 4 ½ pouces, sont destinés à faire monter la lampe de sûreté, et deux plus petits, dont l'un sert à introduire le gaz in-

---

(1) *Journal für technische Chemie,* tom. III, p. 123. Ce mémoire contient en général des objections très-fondées contre l'hypothèse de Libri.



flammable des mines, et l'autre à faire entrer l'air atmosphérique. Les deux grandes ouvertures peuvent être fermées au moyen de coulisses. La surface ronde du cylindre a quatre fenêtres en verre, hautes de 21 pouces, et larges de 2 pouces, par-dessus lesquelles se trouvent tendus et attachés quatre fils en laiton. Ceux-ci sont destinés à préserver l'œil de tout danger, dans le cas où, par suite d'une explosion, les fenêtres voleraient en éclats.

Cet appareil fut suspendu dans le voisinage de la soufflure *A*. Le gaz inflammable y était introduit au moyen d'un tube de verre luté dans la fissure. L'ouverture au milieu du couvercle était fermée au moyen d'un bouchon de liége troué, que traversait une ficelle passant autour d'une poulie attachée au toit. Au moyen de cette ficelle, on faisait monter la lampe. Les quatre autres trous étaient fermés ou ouverts à volonté, suivant qu'il fallait favoriser ou empêcher le courant d'air.

Voici les expériences qui furent faites :

1. Pour examiner si l'appareil, qui pouvait contenir environ 2 ½ pieds cubes de grisoux, était en état de supporter des explosions, sans que les assistants courussent des dangers, on en ôta le fond, et on y fit monter la lampe ordinaire des mines qu'on avait allumée. Il s'ensuivit une explosion, avec une faible détonation; une grande masse de feu sortit par le cylindre ouvert; mais l'appareil ne fut pas endommagé le moins du monde. L'expérience fut répétée après que le fond eut été rétabli; les deux grandes ouvertures ne furent pas fermées. L'explosion fut un peu plus forte, puisque maintenant la flamme était obligée de se frayer un passage par ces deux ouvertures. Dans une troisième expérience, l'une de ces ouvertures fut fermée. Dans ce cas, l'explosion fut la plus forte. L'appareil ne fut pas endommagé, si ce n'est que la coulisse qui fermait l'ouverture fut un peu déprimée.

Comme, d'après ces expériences, on pouvait produire, dans l'appareil, des explosions sans crainte de danger pour les assistants, je me plaçai, dans la suite de mes expériences, avec un

aide, tout près de l'appareil, pour observer les phénomènes, à travers les fenêtres en verre.

2. On fit monter, dans l'appareil, une lampe de sûreté allumée ayant 784 ouvertures, au pouce carré anglais. Il y eut les mêmes phénomènes que dans les grisoux les plus forts; la flamme de la lampe atteignit une hauteur considérable, se replia à la plaque de la gaze, en remplit de feu la partie supérieure, se colora en orange; une flamme bleue environna, comme d'un manteau, la flamme de la lampe, et le tissu devint incandescent.

Plus on faisait monter la lampe dans la partie supérieure du cylindre, plus ces phénomènes diminuaient, parce que le gaz inflammable, eu égard à sa pesanteur spécifique, s'amassait de préférence en haut, et chassait l'air atmosphérique requis pour la combustion; à une certaine hauteur, la lampe s'éteignit. Il y avait donc, dans le cylindre, plusieurs couches de gaz, les unes au-dessus des autres, qui formaient une série de grisoux, à partir du plus faible jusqu'au plus fort. Dans la partie supérieure, il se trouvait si peu d'air atmosphérique mélangé avec le gaz inflammable, que la lampe ne pouvait plus brûler.

Cette stratification des mélanges gazeux offrait une circonstance favorable pour les expériences, parce qu'en élevant ou en abaissant la lampe de sûreté, on était à même de la faire passer successivement dans des grisoux plus ou moins forts. Les résultats devaient être par conséquent absolument les mêmes que dans les espaces des mines remplis de grisoux de l'intensité la plus faible jusqu'à la plus forte.

3. On fit monter encore une fois une lampe de sûreté, et on la laissa dans l'appareil jusqu'à ce que le tissu fût devenu incandescent; mais il n'y eut pas d'explosion. Il n'y en eut pas même lorsque, pour imiter le mouvement que fait le mineur, avec la lampe de sûreté, dans les grisoux, on fit osciller rapidement la lampe dans l'appareil à la manière d'un pendule.

Cette expérience répétée plusieurs fois donnait toujours le même résultat.

4. Le tissu de fil d'une lampe dont la plaque en fer avait une ouverture, fut percé de 18 trous, dont les plus grands avaient 1,05 ligne de diamètre. On tira la lampe dans l'appareil; mais il fut impossible de produire une explosion, pas même lorsqu'on faisait prendre à la lampe une oscillation rapide.

On obtint le même résultat en employant un tissu de fil percé de 37 trous de la même grandeur.

5. Une troisième lampe de sûreté ne produisit pas non plus d'explosion : le tissu en était percé de 16 trous, dont les plus grands avaient un diamètre de 2,3 lignes; en outre, la lampe elle-même avait une plaque endommagée.

6. Il y eut enfin une explosion dans l'appareil, lorsque le tissu de l'expérience précédente fut encore percé de deux trous ayant 2,65 lignes de diamètre.

Cette expérience fut répétée plusieurs fois, avec le même succès.

7. Dans les expériences où il n'y eut pas d'explosions, on remarquait plus d'une fois des flammes coniques bleuâtres qui, à partir des trous agrandis du tissu, se dirigeaient vers l'intérieur. Ces trous formaient la base du cône de flamme, comme il est indiqué dans la *figure* 11, planche 2.

On pouvait surtout distinguer ces cônes de flamme, lorsqu'au moyen d'un tube courbé *r*, dont l'embouchure se trouvait à 1 ou 2 pouces au-dessous de la flamme de la lampe, on y soufflait de l'air atmosphérique. En vain, à force de souffler, on tâchait de faire passer la flamme de la lampe au-dehors et de produire une détonation, après que l'embouchure du tube *r'* avait été mise de niveau avec la partie inférieure de la flamme; elle s'éteignit.

8. Si, après avoir auparavant chassé de l'appareil tout ce qu'il y avait de grisoux, on y faisait monter une lampe ouverte, et qu'après cela on introduisait le gaz inflammable, la flamme commençait bientôt à s'agrandir; elle était environnée d'un manteau bleu; et, après quelque temps, il s'ensuivait une explo-

sion. Cette expérience, qui fut répétée 6 fois, donnait toujours les mêmes résultats ; il y avait, chaque fois, dans le couvercle, un ou deux trous non fermés. Si trois trous étaient ouverts, de sorte que la majeure partie du gaz qui était introduit pouvait s'échapper par en haut, la flamme de la lampe s'agrandissait à la vérité, et on pouvait distinguer le manteau bleuâtre; mais il n'y eut pas d'explosion. Il y en eut une au moment où l'un des trous du couvercle venait d'être fermé avec le bouchon de liége.

Les expériences 2 et 3 montrent que des lampes de sûreté qui ont 784 ouvertures, au pouce carré, ne peuvent donner lieu à des inflammations au dehors, ni par le repos ni par le mouvement dans les grisoux les plus forts que le gaz inflammable de la soufflure *A* soit capable de produire.

Les expériences 4 et 5 montrent combien les orifices d'un tissu peuvent être agrandis, sans qu'il en résulte une inflammation au dehors.

Il suit de l'expérience 8 que le gaz inflammable des mines, s'il se répand en petite quantité dans un espace où se trouve une lampe brûlante, est consumé avec la flamme de la lampe. Si au contraire il s'y dégage en quantité plus ou moins grande, il ne brûle que partiellement, s'accumule peu à peu et donne lieu à des explosions par suite desquelles la lampe s'éteint. On voit de là que des lampes brûlantes, suspendues dans les mines, à des endroits où se dégage continuellement du gaz inflammable, ne peuvent le consumer que lorsqu'il ne se dégage pas en trop grande quantité.

Pour s'assurer si une lampe de sûreté brûlante, qui se trouve, pendant un temps plus ou moins long, dans des grisoux, n'est pas chauffée à un tel degré qu'il s'ensuit une explosion au dehors, un employé de mines eut, à ma prière, la complaisance de faire brûler, dans l'appareil, pendant toute la durée d'une tâche (8 heures), une lampe de sûreté toute neuve, ayant 784 ouvertures, au pouce carré. Lorsque la lampe eut brûlé à peine pendant 2 heures, le tissu se couvrit de suie ; et, trois heures plus tard, les ouvertures en furent presque toutes

bouchées ; la flamme s'éteignit sans qu'il y eût une explosion. Après, le tissu fut nettoyé et la lampe introduite de nouveau dans l'appareil. Les mêmes phénomènes se reproduisirent dans des espaces de temps encore plus courts ; quant au tissu, il se trouvait parfaitement intact. Il résulte de cette expérience que, même dans le cas où une lampe de sûreté reste pendant si longtemps dans des grisoux, il ne peut pas être produit d'explosion au dehors, ni par la suie, ni par le tissu de fil devenu incandescent.

Les résultats favorables des expériences qui viennent d'être décrites m'engagèrent à faire faire des tissus de fil contenant des orifices plus grands, et à en faire construire des cylindres métalliques de diamètres différents. Comme, dans les expériences 4 et 5, les cylindres n'étaient percés que de 16 à 37 ouvertures, plus grandes que les autres, on ne pouvait pas attendre les mêmes résultats de cylindres dont toutes les ouvertures avaient cette grandeur. Je fis faire les cylindres d'une largeur différente, pour trouver également, sous ce rapport, la limite de sûreté.

On fit six espèces de tissus en fil de laiton ; et, de chaque espèce, on forma cinq cylindres de diamètres différents. On obtint, de cette manière, 30 cylindres dont le nombre des orifices et la grandeur des diamètres sont les suivants :

NOMBRE DES ORIFICES, au pouce carré.	DIAMÈTRES EXPRIMÉS EN LIGNES.				
	18''',5	21''',5	26'''	28'''	37'''
380	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
308	» 6	» 7	» 8	» 9	» 10
184	» 11	» 12	» 13	» 14	» 15
162	» 16	» 17	» 18	» 19	» 20
104 ½	» 21	» 22	» 23	» 24	» 25
58 (1)	» 26	» 27	» 28	» 29	» 30

(1) Les ouvertures n'étaient pas des carrés exacts.

On confectionna, à ce sujet, 5 lampes.

Chacune consiste en un réservoir d'huile proportionné à la grandeur des cylindres, en un anneau sur lequel l'enveloppe de gaze métallique est fixée, et qui s'ajuste à vis sur le réservoir d'huile, en quatre gros fils de laiton, autour de la cage, pour l'empêcher de plier, et en deux anneaux pour porter ou accrocher la lampe. Dans ces cylindres, on pouvait introduire à volonté les lampes correspondantes.

C'est avec ces trente cylindres que je fis une série d'expériences, à la soufflure *A*; je les fis une année plus tard que celles que je viens d'exposer. Pendant cet intervalle, la quantité du gaz qui s'échappait de la soufflure avait un peu diminué; ce qui provenait probablement de travaux de mines faits dans son voisinage. C'est pourquoi les expériences ne purent pas être faites aussi vite, les unes après les autres, qu'elles l'avaient été la première fois.

Je devrais entrer dans trop de détails, si je voulais décrire toutes mes expériences en particulier. Il suffit ici d'indiquer les cylindres qui, dans aucune circonstance, ne communiquaient l'incendie au dehors. Je fais observer, en général, que chaque lampe resta suspendue dans l'appareil, 15-20 minutes, et qu'elle fut portée successivement à différentes hauteurs, jusqu'à ce qu'on eût trouvé la couche où étaient les grisoux les plus forts. Si la lampe était tirée trop haut, elle s'éteignait comme dans les expériences antérieures. Tantôt on la faisait osciller à la manière d'un pendule, tantôt on la tenait oblique pendant un certain temps, pour permettre à la flamme agrandie de la lampe de jouer sur le tissu.

Après chaque expérience, tous les trous de l'appareil étaient ouverts, afin que l'air vicié fût éloigné; on ne commençait de nouvelles expériences que lorsque le gaz inflammable s'était de nouveau amassé.

Il y a encore une circonstance à prendre en considération : comme le gaz inflammable qui passe par les ouvertures des cylindres brûle plus ou moins avec la flamme de la lampe, il

en brûlera d'autant plus que le diamètre du cylindre sera plus grand. Or, comme, dans les différentes expériences, le dégagement du gaz inflammable restait le même, en temps égaux, il fallait qu'une plus grande quantité de gaz fût consumée, lorsqu'on employait les cylindres larges, que si l'on se servait des cylindres étroits. De là il arrivait que déjà, dans les cylindres de 2 pouces 2 lignes de diamètre, les phénomènes qui se présentent dans les grisoux, l'allongement de la flamme et l'incandescence des fils, ne tardaient pas à diminuer. Il fallait, pour cette raison, retirer de temps en temps la lampe de l'appareil, et permettre aux grisoux de s'accumuler de nouveau, avant qu'on pût continuer les expériences. C'est pourquoi on ne pouvait pas examiner la sûreté du cylindre en question, et à plus forte raison celle des deux suivants encore plus larges, avec la même exactitude que celle des deux autres cylindres plus étroits. L'expérience avec le cylindre n° 26 montra qu'il ne s'ensuit d'inflammation au dehors, que lorsque la lampe à examiner reste dans les grisoux, pendant un temps plus ou moins long, attendu que le pouvoir protégeant du tissu diminue à mesure que sa température s'élève.

Les résultats de mes expériences nombreuses et très-souvent répétées sont :

1. *Les cylindres de fil ayant* 104 ½ *ouvertures, au pouce carré, mettent parfaitement à l'abri de tout danger, dans les grisoux les plus forts, formés par la soufflure A ; il n'en est plus ainsi des cylindres de fil qui n'ont que* 58 *ouvertures.*

2. *Le diamètre des cylindres de fil ayant le premier nombre d'ouvertures peut être augmenté jusqu'à* 2 *pouces, sans que l'on remarque une diminution dans l'effet protégeant du tissu.*

Une lampe de sûreté ordinaire, qui avait un cylindre en fil d'argent, ayant 729 ouvertures, au pouce carré, montrait dans l'appareil, ce qui était à prévoir, les mêmes phénomènes que les tissus en fil de fer ou de laiton. La flamme s'élevait jusqu'à la plaque, tout le cylindre se remplissait de feu, et la partie supérieure se montrait incandescente ; toutefois, il n'y eut pas

d'inflammation au dehors. Il est remarquable que la flamme, ainsi que le cylindre incandescent, se coloraient en un très-beau bleu-vert. L'argent n'éprouvait pas de fusion.

L'administration centrale des mines, à Berlin, avait fait confectionner cette lampe de sûreté, avec un tissu de fil d'argent, dans le but de remplacer, par une substance plus convenable, les fils de fer et de laiton si facilement oxydables. Comme l'argent pur est trop mou et trop fusible, et que d'ailleurs il ne se réduit que très-difficilement en fils, on a proposé un alliage de cuivre tel qu'on le rencontre souvent dans le commerce, par exemple, de l'argent de 12 deniers. Le tissu, avec lequel j'ai fait l'expérience précédente, consistait en argent de 13 deniers.

D'après cette expérience, il ne semble pas qu'un tel alliage entre en fusion, même dans les grisoux les plus forts. Un tel tissu n'étant pas assujetti à l'oxydation, il n'y a pas à craindre le cas qui est possible, si l'on se sert du fil de fer; alors, comme on a vu chap. VI, p. 318, il peut y avoir, par le fer qui brûle, une inflammation du mélange explosif qui se trouve à l'extérieur de la lampe. Un cylindre d'argent conviendrait surtout à l'usage des employés de mines, lorsqu'ils pénètrent dans les espaces souterrains, pour s'assurer s'il s'y rencontre des grisoux ou non. On pourrait s'en servir en tout temps, car l'argent étant sans action sur le gaz oxygène sec ou humide, à la température atmosphérique, on conçoit que des cylindres de ce métal se distinguent essentiellement de ceux des métaux ignobles, surtout de ceux de fer. Il arrive en effet facilement que ceux-ci souffrent plus, lorsqu'on ne s'en sert pas, et surtout lorsqu'on les conserve dans des lieux humides, que lorsqu'on en fait un usage continuel. De plus, la lumière bleu verdâtre que donnait le cylindre d'argent, dans les grisoux, répandait, à ce qu'il semblait, plus de clarté que la flamme rouge jaune d'une lampe ayant un tissu de fer ou de laiton. On peut à peine tenir compte de ce qu'un cylindre d'argent est plus coûteux, l'argent du cylindre dont je me suis servi dans mon expérience n'ayant que la valeur de 9½ francs. Cela posé; il serait bien à

désirer qu'on fît des expériences ultérieures, avec des cylindres d'argent.

Au lieu de me contenter des expériences citées plus haut, je saisis l'occasion qui se présenta, justement dans la même mine où se trouve la soufflure *A*, pour en faire encore d'autres. Il y avait, dans une galerie de cette mine, un dégagement de gaz inflammable (il est à supposer, avec vraisemblance, que ce gaz avait la même nature chimique que celui de la soufflure). A cet endroit, je fis faire, dans la couche de houille, une galerie inclinée (gralle, vallée, montée, cheminée). Lorsque des grisoux s'y furent amassés, je m'y rendis, muni d'une lampe de sûreté qui avait un cylindre d'argent. Vers le mur, on ne remarquait pas de grisoux ; il ne s'en montrait que dans la proximité du toit, quoique avec moins d'intensité que dans l'appareil. Après cela, j'introduisis, dans cette galerie inclinée, la lampe au cylindre en laiton n° 22. La présence des grisoux fut à la vérité indiquée par l'allongement de la flamme, mais il ne tardèrent pas à être consumés, sans que le tissu devînt incandescent. Peu de temps après, on pouvait entrer, dans cette *galerie inclinée*, avec la lampe des mines ordinaire. Il est vrai que le bruit connu (chap. I, p. 232), causé par le gaz inflammable qui se dégage des fines fissures de la houille, était très-grand. Cependant les petites fentes, quoique bien nombreuses, n'étaient pas en état de dégager, dans le même temps, autant de gaz que la soufflure *A*, qui, selon toute vraisemblance, était l'embouchure de tout le gaz sortant de plusieurs couches de houille, jusqu'à une grande profondeur. Il n'est donc pas étonnant que la lampe de sûreté ait consumé, dans cet espace, plus de gaz qu'il ne s'en dégageait, dans le même temps, et que les grisoux aient disparu bientôt.

Après mon départ, un employé de mines fit, à ma prière, travailler au-dessus de lui pour produire un espace de 40 pouces de haut sur autant de large ; c'est ici que s'accumulèrent de forts grisoux. Quant aux expériences qui y furent faites, il m'en fit le rapport suivant :

J'introduisis successivement, dans cet espace, les lampes de sûreté n° 21 et n° 22. Les tissus se montrèrent vivement incandescents, la plaque fut chauffée tellement au rouge que je craignis que le tout n'entrât en fusion; même le réservoir d'huile fut si chaud, qu'on ne pouvait pas le toucher; néanmoins il n'y eut pas d'inflammation au dehors. Quant à moi, je n'hésiterais pas le moins du monde à me servir de ces lampes dans les grisoux les plus forts; car on peut les regarder comme mettant parfaitement à l'abri du danger. Comme les grisoux furent en partie consumés par les lampes qui restèrent, dans l'espace susdit, pendant plus d'une demi-heure, et que d'ailleurs, par le mouvement de hommes, ils furent en partie dispersés, il me fut impossible de faire des expériences avec les lampes ayant des cylindres d'un diamètre plus grand.

Pour pouvoir faire les expériences sur une plus grande échelle, je priai l'administration du territoire, à Saarbrücken, de faire faire, dans la partie supérieure de la galerie, un travail de dimensions beaucoup plus grandes. Il est effectivement clair que, plus l'espace rempli de grisoux, et destiné à éprouver les lampes de sûreté, est grand, plus ces dernières peuvent y rester longtemps, sans qu'il y ait une diminution des effets, et plus les résultats obtenus, relativement à leur sûreté, sont satisfaisants.

Après deux mois employés à ce travail, il fut achevé vers la mi-décembre 1839, au point que les expériences purent être faites.

La *fig.* 12, planche 2, montre l'excavation produite par ce travail. Elle est haute de 14 pieds, longue de 5 pieds et large de 8 ½ pieds.

Le premier des maîtres mineurs, M. Müller, à Louisenthal, me fit le rapport suivant, relativement aux expériences qui furent faites.

PREMIÈRE SÉRIE DES EXPÉRIENCES FAITES AVEC LES LAMPES DE SURETÉ, DONT LES CYLINDRES ONT 380 OUVERTURES, AU POUCE CARRÉ.

1. La lampe de sûreté n° 1 fut tirée dans l'espace rempli de grisoux. Le tissu fut tout de suite chauffé au rouge. La lampe s'éteignait dès qu'elle était tirée encore plus haut. Elle était suspendue dans l'espace, pendant dix minutes.

2. Il en fut de même de la lampe n° 2.

3. La lampe n° 3 fut chauffée au rouge, lorsqu'on lui donnait un mouvement de rotation assez rapide. Après qu'elle avait été suspendue dans cet état, pendant dix minutes, la ficelle à laquelle elle était attachée brûla, la lampe tomba, mais sans donner lieu à une explosion.

4. La lampe n° 4 fut chauffée tout de suite au rouge, quand on la faisait tourner rapidement. Après cinq minutes, elle s'éteignit, avec une espèce de bourdonnement. Le réservoir d'huile et le cylindre étaient si chauds qu'on pouvait à peine les toucher.

5. La lampe n° 5 fut à l'instant chauffée au rouge, en lui donnant un mouvement de rotation rapide. On la laissa dans cet état, pendant huit minutes; après ce temps, il y eut une explosion. En examinant le tissu de plus près, on trouva qu'il avait été brûlé, parce qu'il était resté trop longtemps à l'état d'incandescence.

Ce qu'il y a de remarquable, c'est que les tissus des quatre premières lampes étaient oxydés, à la distance de 1 $\frac{3}{4}$ de pouce à partir de la plaque, et qu'on remarquait une légère couche jaune blanche sur les piliers en laiton. On voyait également une couche analogue à la lampe n° 5; mais ici l'oxydation n'avait eu lieu qu'à la distance de 1 $\frac{1}{4}$ pouce, à partir de la plaque. Ainsi, plus le diamètre du cylindre est petit, plus l'oxydation se montre vers la partie supérieure. Ceci vient sans doute de ce que la flamme se replie. Du reste il semble qu'il est de quelque influence, si le cylindre est frotté d'huile ou non.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITES AVEC LES LAMPES DE SURETÉ DONT LES CYLINDRES ONT 308 OUVERTURES, AU POUCE CARRÉ.

6. La lampe n° 6 devint tout de suite rouge. On la laissa suspendue dans cet état pendant 5 ½ minutes ; et déjà, après deux minutes, on entendit une espèce de bourdonnement.

7. La lampe n° 7 fut également chauffée au rouge à l'instant ; et, après trois minutes, on entendit déjà le bourdonnement ; en même temps la lampe reçut un mouvement de vibration. Elle resta suspendue pendant huit minutes. Elle ne s'éteignit pas lorsqu'elle fut tirée plus haut. Après l'expérience, elle était si chaude qu'on ne pouvait pas la saisir. On entendait distinctement l'huile bouillir dans le réservoir.

8. La lampe n° 8 devint également rouge à l'instant. Elle resta suspendue pendant 7 ½ minutes. Seulement, si la lampe se trouvait à une certaine hauteur, on entendait un son grave et fort, tandis que la flamme vibrait. Si on lui donnait un mouvement rapide, ce son disparaissait, pour reparaître ensuite, si la lampe se trouvait en repos. La lampe ayant été retirée, l'huile bouillait encore, et toute la lampe était si chaude qu'on ne pouvait pas la saisir.

9. La lampe n° 9 fut chauffée au rouge à l'instant. On la laissa suspendue 7 ½ minutes ; on entendit bientôt des sons forts et harmonieux, qui cessaient dès que la lampe recevait un mouvement rapide, et qui se faisaient entendre de nouveau, aussitôt que la lampe se trouvait en repos. Après que la lampe eut été retirée, l'huile bouillait encore.

10. La lampe n° 10 fut tout de suite chauffée au rouge. Elle resta suspendue pendant 8 ½ minutes. Ce ne fut qu'après six minutes qu'on entendit un bourdonnement grave, après qu'on eut donné auparavant à la lampe un mouvement rapide. La flamme jetait des étincelles. Il n'y eut pas même d'explosion, lorsque la lampe fut renversée sur le côté. Après qu'elle eut été retirée, elle était très-chaude, et l'huile se trouvait à l'état d'ébullition.

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES FAITES AVEC LES LAMPES DE SURETÉ DONT LES CYLINDRES AVAIENT 1844 OUVERTURES, AU POUCE CARRÉ.

11. La lampe n° 11 fut aussitôt chauffée au rouge. Elle resta suspendue pendant sept minutes; et, après six minutes, on lui fit prendre un mouvement très-rapide. On n'entendait pas de son, et la flamme s'élevait et s'abaissait tour à tour.

12. La lampe n° 12 devint tout de suite rouge; mais déjà, après deux minutes, elle s'éteignit. Même une minute après qu'elle s'était éteinte, on voyait encore le gaz brûler dans la partie supérieure du cylindre encore incandescente.

13. Cette expérience fut répétée, mais la lampe s'éteignit aussitôt.

14. La lampe n° 13 devint également rouge à l'instant. Elle resta suspendue pendant 7 ½ minutes. La flamme, devenue très-intense, jetait des étincelles; mais elle s'éteignit sans produire d'explosion, lorsqu'on donna à la lampe un mouvement rapide.

15. Après cette expérience, on enflamma, avec la lampe des mines, les grisoux contenus dans l'excavation.

16. La lampe n° 14 communiqua aussitôt l'incendie au dehors, avant que le cylindre ne fût devenu rouge. La lampe n° 15 n'avait donc pas besoin d'être éprouvée, puisque, sans aucun doute, elle aurait fourni le même résultat que la précédente. J'aurais désiré que M. Müller, à Louisenthal, eût également soumis à l'expérience les lampes n° 16, 17, 21 et 22, car il serait possible qu'une lampe, ayant un cylindre plus large et des ouvertures plus étroites, communiquât l'incendie au dehors, tandis qu'une autre lampe, ayant un cylindre plus étroit et des ouvertures plus larges, met encore à l'abri de tout danger (1).

(1) Aussitôt après avoir reçu les résultats des expériences précédentes, j'ai écrit à M. Müller, pour le prier de faire encore des expériences.

Dans l'appareil, les lampes, dont les cylindres avaient 104 ½ ouvertures, au pouce carré, se montraient encore parfaitement sûres. Il est à remarquer que, comme il a déjà été dit plus haut, les lampes aux cylindres larges ne pouvaient pas être soumises à des épreuves aussi exactes que celles dont les cylindres étaient plus étroits. Cependant, comme les phénomènes qui viennent d'être décrits ont eu lieu dans l'excavation, avec beaucoup plus d'intensité que je ne les ai observés dans l'appareil, on est en droit d'admettre que des tissus qui, dans l'appareil renfermant 2 ½ pieds cubes de grisoux, se sont montrés sûrs, ne le seront plus dans l'excavation contenant 233 pieds cubes de grisoux.

On voit par là de quelle importance sont les expériences citées, et combien il est à souhaiter qu'on fasse des expériences analogues, dans chaque mine de houille où l'on rencontre des grisoux. L'occasion s'en présente dans chaque mine. Il y aura toujours un amas de grisoux très-intense, lorsqu'on travaille au-dessus de soi, à une place où l'on remarque un dégagement de gaz inflammables. Les frais, à la vérité considérables, qu'entraîne ce travail, sont compensés par l'immense avantage que l'on retire de telles expériences. Il n'y a effectivement que les expériences faites, sans le moindre danger, sur une aussi grande quantité de grisoux, qui montrent le plus évidemment si un tissu donné met à l'abri du danger ou non. Il n'est pas nécessaire de rappeler que, dans les endroits où l'on travaille au-dessus de soi, il doit y avoir un aérage parfait, pour que ceux qui font les expériences soient préservés de tout danger possible.

M. Müller, à Louisenthal, me manda que, lorsque la première explosion eut lieu, c'était un spectacle vraiment comique que de voir les sept personnes présentes tomber par terre, les unes sur les autres, comme si elles avaient été frappées de la foudre. Lorsqu'elles se furent remises de leur première frayeur, et qu'elles eurent ramassé leurs effets, l'une se moquait de l'autre. A la seconde explosion, la frayeur ne fut plus aussi grande.

Du reste, on sait que l'exploitation des mines elle-même exige

souvent qu'on travaille au-dessus de soi; par exemple si, d'une couche inférieure de houille, on veut monter à une couche supérieure. Dans ces cas, il se présente donc de soi-même des occasions pour faire de telles expériences.

Si l'on tient compte des effets violents produits par les grisoux, dans le cylindre employé aux expériences citées, si l'on envisage l'incandescence soudaine des tissus, l'échauffement de la lampe jusqu'à l'ébullition de l'huile, on concevra que ce n'est que dans les cas les plus rares, que le mineur, avec sa lampe de sûreté, peut se trouver dans de telles circonstances. Avant que les effets soient parvenus à ce degré d'intensité, il ne manquera pas de quitter un endroit où la respiration commence à devenir un peu pénible. Si par hasard il vient dans une telle atmosphère dangereuse, il sera à l'abri de tout danger, et il restera encore assez de temps pour rebrousser chemin, pourvu qu'il soit muni d'une lampe de sûreté éprouvée dans un travail que l'on a fait au-dessus de soi.

Peut-être les sons, que la plupart des lampes de sûreté introduites dans l'excavation faisaient entendre, sont-ils une marque caractéristique du danger qui est encore bien éloigné. Du moins, il est étonnant que, dans les expériences 11-15, où les tissus étaient si près de communiquer l'incendie au dehors, on n'ait pas entendu ces sons. Il n'est pas contraire à la théorie de l'harmonica chimique (1), qu'on n'ait pas à craindre d'inflammation au dehors, tant que ces sons se font entendre dans le cylindre. Ils ne peuvent en effet se produire, qu'autant que le mélange gazeux détonant pénètre sans interruption de l'extérieur à l'intérieur, par les ouvertures du cylindre, et que les résidus de la combustion peuvent s'y élever sans obstacle.

Enfin, la question qu'on a déjà si souvent élevée, si une

---

[1] M. De Jacquin, en examinant la lampe de sûreté, dans des mélanges détonants, avait déjà observé l'harmonica chimique. *Annal.*, par M. Gilbert, tome. IV, pag. 469.



lampe de sûreté qui, brûlant en repos dans les grisoux, met à l'abri de tout danger, le fera encore si elle est mise en mouvement, a reçu, à ce qu'il me semble, une solution suffisante par les expériences faites dans l'excavation citée plus haut. Dans ces expériences, on fit prendre aux lampes tous les mouvements possibles; toutes celles qui, dans le repos, ne communiquaient pas l'incendie au dehors, ne le faisaient pas non plus, si elles étaient mises en mouvement. Il est évident qu'il n'y a pas de différence, si une lampe de sûreté est mue rapidement contre les grisoux, ou si, réciproquement, ces derniers passent sur elle avec beaucoup de force.

D'après le résultat de mon analyse du gaz inflammable qui se dégage de la soufflure *A*, il contient 15 p. °/₀ d'azote. Il forme en conséquence des grisoux d'une intensité peu considérable. Au contraire, le gaz de la soufflure *B* consiste en gaz hydrogène protocarboné, avec une petite quantité d'hydrogène bicarboné. Il constitue donc des grisoux d'une nature plus forte que les précédents. Ainsi il était surtout intéressant de répéter, dans l'appareil, à la soufflure *B*, les expériences avec les lampes de sûreté.

Les expériences furent faites, dans l'appareil, tout à fait de la même manière qu'on vient de l'indiquer. Les résultats des expériences furent absolument les mêmes qu'à la soufflure *A*. *Il n'y eut que les lampes dont les cylindres avaient* 58 *ouvertures, au pouce carré, qui communiquassent l'incendie au dehors; tous les autres ayant un plus grand nombre d'ouvertures, ne pouvaient produire d'explosion, dans aucune circonstance.*

La lampe au cylindre d'argent donna également les mêmes résultats qu'elle avait fournis, à la soufflure *A*.

Les expériences faites à la soufflure *B* présentaient quelques

difficultés, parce qu'on n'était pas à son aise, dans l'espace de l'étroite galerie où elle se trouve. D'un autre côté, il se dégage de cette soufflure moins de gaz que de la soufflure *A*, quoique, comme je l'ai déjà fait remarquer, le dégagement ait lieu avec une pression assez forte. Ainsi il fallait plus de temps pour faire ces expériences, puisqu'on devait avoir soin de tenir l'appareil toujours rempli de grisoux. C'est pour cette raison que les lampes, ayant des cylindres d'un diamètre trop grand, furent éprouvées ici avec moins de précision encore qu'elles ne l'avaient été à la soufflure *A*. Quoique le gaz ne se dégage de cette soufflure qu'en petite quantité, on distingua pourtant que, conformément aux résultats de l'analyse chimique, il donne lieu à des grisoux plus intenses que celui qui sort de la soufflure *A*. La lampe n° 26 fut à peine suspendue dans l'appareil, pendant deux minutes, qu'il s'ensuivit déjà une explosion, tandis que, dans les grisoux de la soufflure *A*, la même lampe ne produisit cet effet qu'après vingt minutes. L'allongement de la flamme et l'incandescence du tissu semblaient être également plus intenses, à la soufflure *B* qu'à la soufflure *A*.

Cette différence se montra encore à un plus haut degré, lorsque, quelques jours plus tard, je répétai mes expériences, en présence de quelques employés de mines. Malgré tous mes efforts, il me fut impossible de communiquer l'incendie au dehors, par le cylindre n° 26. Il est à remarquer que, même dans le cas où le dégagement du gaz inflammable sortant de la fissure est uniforme, il peut arriver que, par des circonstances extérieures inégales, les grisoux s'amassent, dans l'appareil, inégalement et avec une intensité différente. Or, ces influences extérieures sont le passage d'air plus ou moins fort dans la galerie, et, par suite, la force plus ou moins grande avec laquelle le gaz sort de l'appareil, à travers les trous du couvercle plus ou moins ouverts.

Je fus présent lorsqu'il se montra des grisoux dans une gralle d'une autre galerie, non loin de la soufflure *B*. Comme il était à supposer que ceux-ci seraient de la même nature que ceux qui sont fournis par la soufflure *B*, je résolus de continuer mes

expériences dans cette gralle. Ici je trouvai un espace d'environ 20 toises cubes, où il y avait des grisoux. Muni d'une lampe de sûreté de 784 orifices, j'entrai dans cette gralle; vers la base, on ne remarqua pas de grisoux; il s'en montra, dès que la lampe fut successivement élevée. La flamme néanmoins ne s'allongea que jusqu'à la demi-hauteur du cylindre. La lampe s'éteignit, lorsqu'elle fut portée plus près du toit. Les grisoux n'étaient donc nullement aussi intenses qu'ils l'avaient été, dans l'appareil, à la soufflure *B*, puisque, dans ce cas, la flamme se serait élevée jusqu'au couvercle, et que le tissu serait devenu incandescent. Néanmoins, le gaz inflammable s'était amassé, au toit, à un tel degré que la lampe ne pouvait plus brûler.

Ce qui montre clairement que, dans un espace où il n'y a pas de mouvement, il peut se former différentes couches de gaz, selon leur pesanteur spécifique inégale, c'est que le gaz inflammable s'amasse à la partie supérieure, tandis qu'à la partie inférieure on ne remarque, pour ainsi dire, que de l'air atmosphérique. Entre la couche de gaz supérieure et celle qui la suivait immédiatement, il y avait une ligne de démarcation si exacte que, quelque lentement qu'on élevât la lampe, elle s'éteignait néanmoins tout à coup, dès qu'elle était parvenue à une certaine hauteur. Rarement on réussit à rallumer la lampe sur le point de s'éteindre, en la faisant descendre subitement.

J'avais en vue de tirer successivement mes lampes dans cette taille inclinée, au moyen d'une longue ficelle. Mes compagnons, deux employés de mines très-expérimentés et moi, pour nous mettre à couvert, en cas d'une explosion, nous nous plaçâmes dans une autre taille, à partir de laquelle on avait creusé la gralle. Nous étions occupés à faire les préparatifs nécessaires à ces expériences, lorsqu'un employé de mines déjà sur l'âge vint à nous et s'opposa de toutes ses forces à notre dessein. Il nous représenta le danger auquel seraient exposés, dans le cas d'une explosion imprévue, les mineurs travaillant à une distance plus ou moins grande de cette gralle. Je me vis donc contraint de renoncer à mon projet. Du reste, je crois que les résultats de

ces expériences auraient été analogues à ceux qu'on avait obtenus en se servant de l'appareil, à la soufflure *B*. Ce qui confirme le plus cette conclusion, c'est que l'allongement de la flamme, comme je l'ai déjà dit, s'est montré beaucoup plus faible qu'à la soufflure.

Dans cette dernière mine, on fera également travailler au-dessus de soi, pour qu'on puisse faire les expériences sur une échelle aussi grande que dans la mine où se trouve la soufflure *A*. Ces expériences, je le répète, seront très-importantes, puisqu'il est à supposer que le gaz qui s'amassera dans l'excavation produite, sera un gaz inflammable protocarboné aussi pur que celui de la soufflure *B*. S'il m'est possible, je recueillerai également en cet endroit du gaz dont je ferai l'analyse chimique.

A peine eus-je été de retour du voyage que j'avais entrepris, dans le but de faire les expériences ci-dessus, qu'un de mes amis me fit observer que nulle part il y aurait une occasion plus favorable, pour faire des expériences, avec les lampes de sûreté, que dans un puits du territoire houiller de la principauté de Schaumburg. Il me raconta que M. Heusser, inspecteur des mines de ce territoire, pour lui montrer les explosions violentes des grisoux qui s'y rencontrent, avait fait descendre, dans ce puits infecté vers le fond de mofettes inflammables, un bassin rempli de charbons brûlants, d'où étaient résultées plusieurs explosions successives. Je résolus à l'instant, d'y faire un voyage, dans l'espoir de pouvoir continuer mes expériences; j'avais l'intention de faire descendre, dans les puits, successivement toutes mes lampes de sûreté.

Malheureusement, j'appris, lors de mon arrivée, que, sur ces

entrefaites, le puits avait été percé. Il faut savoir que, dans ce territoire, les puits sont creusés aussitôt que l'exploitation est parvenue jusqu'à ce point. Si, dans le puits, les eaux externes s'amassent en trop grande quantité, on fait à sa base un trou donnant sur la galerie située inférieurement, et destiné à l'écoulement de ces eaux. Comme les puits ne sont ordinairement creusés que lorsque l'exploitation ne peut plus avancer, à cause du trop grand amas des grisoux, ceux-ci pénètrent par le trou et remplissent les puits. Certes, pour examiner les lampes de sûreté, on trouve rarement une occasion plus favorable que celle qui se présente dans un tel puits. Les expérimentateurs peuvent faire cet examen sans le moindre danger; ils n'ont qu'à faire descendre, dans le puits, les lampes de sûreté, et à observer s'il s'ensuit une explosion ou non. Il serait à souhaiter que les employés des mines saisissent toujours ces occasions pour faire des expériences.

On était occupé à creuser un autre puits, où s'étaient montrés des grisoux. Je fis à l'instant remplir quelques bouteilles de l'air de ce puits; je l'éprouvai sans y trouver de gaz inflammable.

Heureusement, on me fit remarquer un puits artésien qui a été creusé dans le puits d'une mine, et qui rend, avec l'eau, une quantité considérable de gaz inflammable (chap. I, p. 236). J'entrai aussitôt dans ce puits, et, à ma grande satisfaction, j'y trouvai la meilleure occasion pour faire mes expériences.

Le trou était pourvu d'un tuyau de pompe, dont l'orifice avait 6 pouces de diamètre. L'eau avait un écoulement latéral, et le gaz inflammable se dégageait par le tuyau de pompe en très-grande quantité. A l'embouchure, du gaz se mélangeait avec l'air atmosphérique, et par là il donnait lieu aux grisoux les plus intenses. Ainsi, pour examiner les lampes de sûreté, il suffisait de les tenir allumées dans l'orifice du tuyau de pompe. C'est de cette manière que j'ai examiné mes 30 lampes et que j'ai trouvé le résultat important, *que tous les tissus, sans exception, communiquèrent l'incendie au dehors.* Ainsi, tous les tissus

qui, aux soufflures *A* et *B*, s'étaient montrés parfaitement sûrs, ne le furent plus ici.

J'avoue que je ne m'attendais pas à ce résultat, et je me félicitai de m'être rendu à ce point important.

Comme même les tissus aux orifices les plus petits (380, au pouce carré), communiquèrent l'incendie au dehors, il ne resta qu'à éprouver les lampes de sûreté dont les cylindres avaient 620 ouvertures, au pouce carré, et dont on faisait usage dans les mines du territoire en question. D'après le résultat des expériences ci-dessus, je me défiais même de ces cylindres, d'autant plus qu'on me citait des exemples où ils n'avaient pas mis non plus à l'abri du danger. *Mais, dans aucune circonstance, il ne fut possible de faire communiquer à ces cylindres l'incendie au dehors.*

Un mineur qui m'accompagnait m'assura que, se trouvant un jour lui-même, avec la lampe de sûreté, dans des grisoux intenses, il avait remarqué une flamme bleuâtre entourant le tissu, et se répandant jusqu'au toit de la galerie. Je lui demandai si, peut-être, le cylindre avait été endommagé quelque part; il me répondit qu'il n'en savait rien.

Je promis une bonne récompense à ce mineur, s'il parvenait à communiquer l'incendie au dehors, au moyen d'une quelconque des lampes en usage. Il se donna toutes les peines possibles pour y parvenir, dans le gaz exhalé par le trou, mais ses tentatives furent également infructueuses.

Si l'on envisage que, dans le cas cité, il n'y eut pas d'explosion, et que le mineur ne prétendait avoir remarqué qu'une flamme bleuâtre au dehors du tissu, on est conduit à en conclure, supposé qu'il n'y ait pas eu d'illusion, que le mélange gazeux dans lequel il se trouvait n'était pas détonant. Or, si, dans un tel mélange gazeux non détonant, il y avait eu une inflammation au dehors, on ne saurait nullement comprendre pourquoi, dans le mélange détonant le plus fort, produit par le gaz inflammable du trou, l'incendie ne se serait pas communiqué au dehors.

Un maître-mineur, qui était présent, me fit l'observation que, peut-être, il s'était trouvé répandu, sur le tissu, de l'huile ou de la poussière de houille qui aurait été enflammée par les fils incandescens. En conséquence, je mis, sur le tissu, quelques gouttes d'huile sur lesquelles je répandis de la poussière de houille. Mais, même de cette manière, il fut impossible de faire communiquer l'incendie au dehors, à la lampe introduite dans le courant du mélange gazeux détonant.

D'après le résultat de toutes ces expériences, je suis porté à révoquer en doute la réalité de l'assertion ci-dessus, d'autant plus que le chef de l'administration des mines du territoire indiqué ne me faisait que des rapports basés sur le dire peu fondé des mineurs. Je le priai instamment de faire, à ce sujet, d'exactes recherches; mais, jusqu'à présent, je n'ai pas reçu de rapports ultérieurs (1).

Je me crus en droit de supposer que le gaz inflammable sortirait du trou, avec une certaine pression. C'est pourquoi je fis construire un appareil pour mesurer cette pression, et pour pouvoir répéter mes expériences sous une pression déterminée.

L'appareil est décrit par la *fig.* 13, planche 2, *f* est un tuyau en bois que l'on fit entrer hermétiquement dans le tuyau de pompe.

a b et *c d* sont des tubes en bois, ayant un diamètre intérieur respectivement de $1\frac{3}{4}$ et de $1\frac{1}{4}$ pouce; on les fit communiquer hermétiquement avec le tuyau *f*.

Le tube *c d* était destiné à recevoir un tube de verre *g*, à deux bouts et rempli d'eau; le tube *a b* était destiné à l'écoulement du gaz.

---

(1) D'après un rapport officiel du 10 mai 1818, fait par un employé préposé aux mines de ce territoire houiller, on pouvait entrer, avec la lampe de sûreté, dans des tailles remplies tout à fait de grisoux, sans qu'il y eût d'inflammation au dehors. Par conséquent, je suis parfaitement porté à révoquer en doute la réalité de toutes ces assertions.



Au moyen de cet appareil. j'étais en même temps en état de faire passer le gaz, sous une pression constante, à travers les tissus des lampes brûlantes.

Lorsqu'on adaptait, en *b*, un tube de $\frac{5}{2}$ p. (6''',68 mesure de Paris) de diamètre, la pression, dans le tube de verre était de $\frac{1}{8}$ p. (0',009) de la colonne d'eau.

Si l'on adaptait, en *b*, un tube de verre de 1''',7 de diamètre, la pression valait $\frac{1}{4}$ p. (0',019) de la colonne d'eau.

Si l'on adaptait, en *b*, un tube de verre de 0''',6 de diamètre, la pression équivalait à celle de 3 $\frac{1}{2}$ p. (0',26) de la colonne d'eau.

Les expériences furent répétées sous ces différentes pressions, tandis qu'on faisait passer, à travers les tissus des lampes de sûreté brûlantes, le gaz qui s'écoulait des tuyaux en *b*. Les résultats furent absolument les mêmes que plus haut. *Quelle que fût la pression, l'incendie était toujours communiqué au-dehors, par tous mes cylindres; mais la lampe, dont le cylindre avait* 620 *ouvertures, donna le même résultat qu'à l'embouchure du tuyau de pompe.*

Si le gaz inflammable passait immédiatement sur la flamme de la lampe, elle s'éteignait. Le mineur nommé plus haut ne fut pas non plus en état de gagner ici la récompense qui lui avait été promise.

Comme, dans des expériences avec mes tissus de fil, la quantité immense de gaz qui se dégageait me mit à même d'éprouver également les cylindres les plus larges, j'eus l'occasion de faire l'observation, conforme à celle de M. Davy, que plus les cylindres sont larges, plus l'explosion a lieu facilement.

Quoique je me visse trompé dans mon espérance que les tissus de fil qui s'étaient montrés parfaitement sûrs, dans les soufflures *A* et *B*, le seraient également à ce trou, j'avais pourtant lieu d'être satisfait, puisque les tissus aux mailles plus étroites, dont on fait usage dans les mines en question, mettaient à l'abri de tout danger. Heureusement, ces expériences donnèrent des résultats qui ne seraient nullement défavorables

pour les lampes de sûreté en général ; je me vis seulement déçu dans l'espérance de pouvoir, par l'usage de cylindres ayant des mailles plus larges, subvenir à un besoin qui se fait sentir généralement, c'est que les lampes de sûreté, dont on a coutume de se servir, ne répandent pas assez de clarté. Les expériences ont montré combien il est nécessaire de saisir les occasions qui se présentent, d'une manière quelconque, dans les mines, pour apprendre à connaître les tissus qui, selon la nature des gaz inflammables des mines, mettent parfaitement à l'abri du danger. Si les grisoux produits par ces gaz ne sont pas d'une nature bien forte, tels que ceux que forme la soufflure *A*, à cause qu'elle contient de l'azote, on peut, comme nous avons vu, sans avoir à craindre une explosion, donner à la lampe plus de clarté, en se servant de cylindres qui ont des mailles plus larges ; on conçoit que, dans le cas contraire, il faut employer la plus grande précaution.

—

Il faudrait avoir, à chaque mine, des tissus ayant des ouvertures d'une grandeur différente. Pour s'assurer de la présence de grisoux, on peut se contenter d'une lumière moins intense, et employer conséquemment des tissus à ouvertures étroites. S'il ne se montre pas de danger, ou qu'au moins les grisoux soient faibles, on peut, pendant le travail, se servir même de cylindres à ouvertures plus larges.

CONCLUSION.

Les résultats principaux de mes recherches sont les suivants :

1° Il semble que la naissance de tous les gaz inflammables doit être attribuée à la même action chimique, soit qu'ils se dégagent immédiatement de la houille ou de fissures dans les mines, soit qu'à la surface de la terre ils proviennent d'une formation quelconque. (Chap. Ier.)

2° Ils sont formés, comme le gaz inflammable des marais, par la décomposition de matières carbonifères, à l'aide de l'eau. Ainsi, mieux l'eau peut s'associer aux substances carbonifères, plus la quantité des gaz inflammables qui se dégagent est grande, toutes circonstances égales d'ailleurs. D'où il suit qu'on n'en pourrait limiter le dégagement, dans les mines, qu'autant qu'il serait possible d'empêcher l'eau de venir en contact avec la houille. (Chap. Ier.)

3° L'air atmosphérique ne contribue nullement au dégagement des gaz inflammables, puisqu'ils se dégagent souvent avec une pression supérieure à celle de l'atmosphère. Ce qui prouve que ces gaz se forment sans être en contact avec l'air atmosphérique. (Chap. Ier);

4° La quantité des gaz inflammables qui se dégagent est dépendante du temps qu'il fait. (Chap. Ier.)

5° Les *crains* ou failles, dans les couches de houille, ont une influence marquée sur le dégagement des gaz inflammables. (Chap. Ier.)

6° La production des gaz inflammables semble n'avoir pas beaucoup de rapport avec la qualité de la houille. (Chap. Ier.)

7° Le principe essentiel de tous les gaz inflammables des mines est l'hydrogène protocarboné, auquel se trouvent mêlées tantôt des traces à peine sensibles, tantôt des quantités un peu plus grandes de gaz oléfiant, ou d'un autre carbure d'hydrogène isomérique avec ce dernier. Ces gaz inflammables sont constamment accompagnés d'acide carbonique et d'azote. On n'y rencontre jamais, à ce qu'il semble, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et des carbures d'hydrogène, absorbables par l'acide sulfurique. L'air atmosphérique ne peut être qu'un principe constituant accidentel. (Chap. II.)

8° Les trois gaz que j'ai analysés sont composés de :

	A.	B.	C.
Hydrogène protocarboné . .	0,8308	0,9136	0,7910
Hydrogène bicarboné . . .	0,0198	0,0632	0,1611
Azote	0,1494	0,0232	0,0479
	1,0000	1,0000	1,0000

(Chap. II).

9° Le gaz inflammable de la soufflure *A* cesse d'être détonant par une très-forte étincelle électrique, lorsqu'une partie du gaz est mêlée avec moins de 7 ou avec plus de 10 parties d'air atmosphérique.

Le gaz inflammable de la soufflure *B* cesse de détoner, lorsqu'une partie du gaz est mêlée avec moins de 7 ou avec plus de 17 parties d'air atmosphérique.

Le gaz inflammable de la soufflure *C* ne détone pas non

plus, lorsqu'une partie du gaz est mêlée avec moins de 7 ou avec plus de 18 parties d'air atmosphérique. (Chap. III.)

10° Plus un gaz inflammable consomme d'oxygène par sa détonation et plus il produit d'acide carbonique, plus est grande sa nature explosive; c'est-à-dire, plus il peut être mélangé avec de l'air atmosphérique, sans perdre sa nature détonante, et plus les ouvertures dans les tissus doivent être petites, pour que l'inflammation ne soit pas communiquée au dehors. (Chap. III.)

11° Les gaz inflammables s'amassent de préférence au toit des mines, et de là dans les excavations pratiquées au toit. On en reconnaît encore la présence, lorsqu'ils sont près de former des grisoux. (Chap. III.)

12° Par le mouvement des mineurs dans des espaces souterrains, où se trouvent des gaz inflammables, l'air peut devenir tantôt plus dangereux, tantôt moins dangereux. (Chap. III.)

13° Les soufflures qui se rencontrent dans les mines cessent d'être préjudiciables, lorsqu'on en conduit le gaz dans des endroits où l'air est bon. (Chap. Ier.)

14° En pratiquant des trous, on peut former des soufflures artificielles ; on en a beaucoup d'exemples. On peut se servir de ces trous pour éloigner, dans quelques cas, les gaz inflammables. (Chap. Ier.)

15° Le meilleur moyen de paralyser les effet destructeurs des gaz inflammables, c'est l'aérage. (Chap. IV.)

16° En se servant de soufflets à ventilateur, on peut, en très-peu de temps, mélanger des quantités considérables de grisoux avec assez d'air atmosphérique pour qu'ils perdent leur nature détonante. (Chap. IV.)

17° Les fourneaux d'aérage bien construits sont des moyens excellents pour éloigner les gaz inflammables. (Chap. IV.)

18° Il ne sert de rien d'enflammer les grisoux, si l'on n'est pas en état d'éloigner les produits gazeux de la combustion. Or, si l'on peut y parvenir au moyen de l'aérage, il est bien plus simple d'éloigner de cette matière les grisoux, sans les en-

flammer, que d'exposer les mines aux effets destructeurs d'une explosion. (Chap. V.)

19° Les hommes qui périssent dans les mines, par suite d'explosions, ne sont pas toujours consumés par les flammes, mais fréquemment ils ne sont que suffoqués. (Chap. V.)

20° La chimie, à l'état actuel, ne présente aucun moyen, applicable en grand, d'éloigner des mines les gaz inflammables. (Chap. V.

21° Le mineur n'est pas exposé aussi facilement au danger d'être asphyxié, si, muni de la lampe de sûreté, il se rend dans les grisoux. L'extinction de la flamme arrive assez tôt pour lui laisser le temps de retourner sur ses pas. (Chap. V.)

22° M. H. Davy, en faisant passer, à travers ses lampes de sûreté, les mélanges les plus détonants, n'a jamais pu produire d'explosion. Les expériences faites par MM. Baillet, Laporte et Lefroy, sont d'accord avec les observations de M. Davy. (Chap. VI.)

23° Des matières inflammables, flottant très-souvent dans l'atmosphère des mines, telles que la poussière de charbon, des parcelles de pyrites, jetées dans des lampes qui brûlaient dans un mélange plus explosif que celui des mines, n'ont pas donné lieu à une explosion.

24° Tous les changements que l'on a faits, tant pour donner à la lampe de sûreté un plus haut degré de sûreté que pour en rehausser le pouvoir illuminant, n'ont que peu d'importance. Ce n'est que le changement fait par M. Chèvremont, qui consiste à appliquer à la partie supérieure de la lampe une mince lame de cuivre percée de trous, qui mérite d'être envisagé comme une amélioration. (Chap. VI.)

25° Le comité, formé par la Chambre des Communes, en Angleterre, dans le but de s'instruire exactement sur les malheurs arrivés dans les mines, et sur les moyens de les prévenir par la suite, dans son rapport, n'indique pas de faits qui puissent être interprétés, d'une manière quelconque, au désavantage de la lampe de sûreté. (Chap. VI.)

26° Les expériences faites dans les mines de houille, dans les provinces occidentales de la Prusse, avec la lampe de sûreté, pendant l'espace de 22 ans, sont, plutôt que les rapports vagues du comité de la Chambre des Communes, de nature à fournir des témoignages sur sa grande valeur. (Chap. VI.)

27° Les nouvelles apportées de la Belgique parlent également beaucoup en faveur de la lampe de sûreté. (Chap. VI.)

28° Une lampe de sûreté ayant 784 ouvertures, au pouce carré, et fixée dans l'appareil, resta, pendant 8 heures, dans les grisoux, sans qu'il se produisît une explosion au dehors, ni par la suie, ni par le tissu de fil devenu incandescent. (Chap. VII.)

29° Les cylindres de fil ayant 104 ½ ouvertures, au pouce carré, mettent parfaitement à l'abri de tout danger, dans les grisoux les plus forts, formés par les soufflures *A* et *B*, qu'on introduisit dans l'appareil; il n'en fut plus ainsi des cylindres de fil qui n'ont que 58 ouvertures. (Chap. VII.)

30° Le diamètre des cylindres de fil ayant le premier nombre d'ouvertures, peut être augmenté jusqu'à 2 pouces, sans que l'on remarque une diminution dans l'effet protégeant du tissu. (Chap. VII.)

31° Quoique le gaz de la soufflure *B* ne se dégage qu'en petite quantité, on distingua pourtant que, conformément aux résultats de l'analyse chimique, il donna lieu à des grisoux plus intenses que celui qui sort de la soufflure *A*. (Chap. VII.)

32° On pratiqua au toit d'une mine de houille une excavation haute de 14 pieds, longue de 5 pieds, et large de 3 ½ pieds. Elle se remplit des grisoux les plus forts; une lampe, munie d'un cylindre de fil ayant 184 ouvertures, au pouce carré, et un diamètre de 26‴, ne communiqua pas l'incendie au dehors, lorsqu'elle y fut introduite; il n'en fut plus ainsi d'un cylindre d'un diamètre de 28‴. (Chap. VII.)

33. Si l'on imprimait aux lampes tous les mouvements possibles, toutes celles qui, dans le repos, ne communiquaient pas l'incendie au dehors, ne le faisaient pas non plus, si elles étaient mises en mouvement. (Chap. VII.)

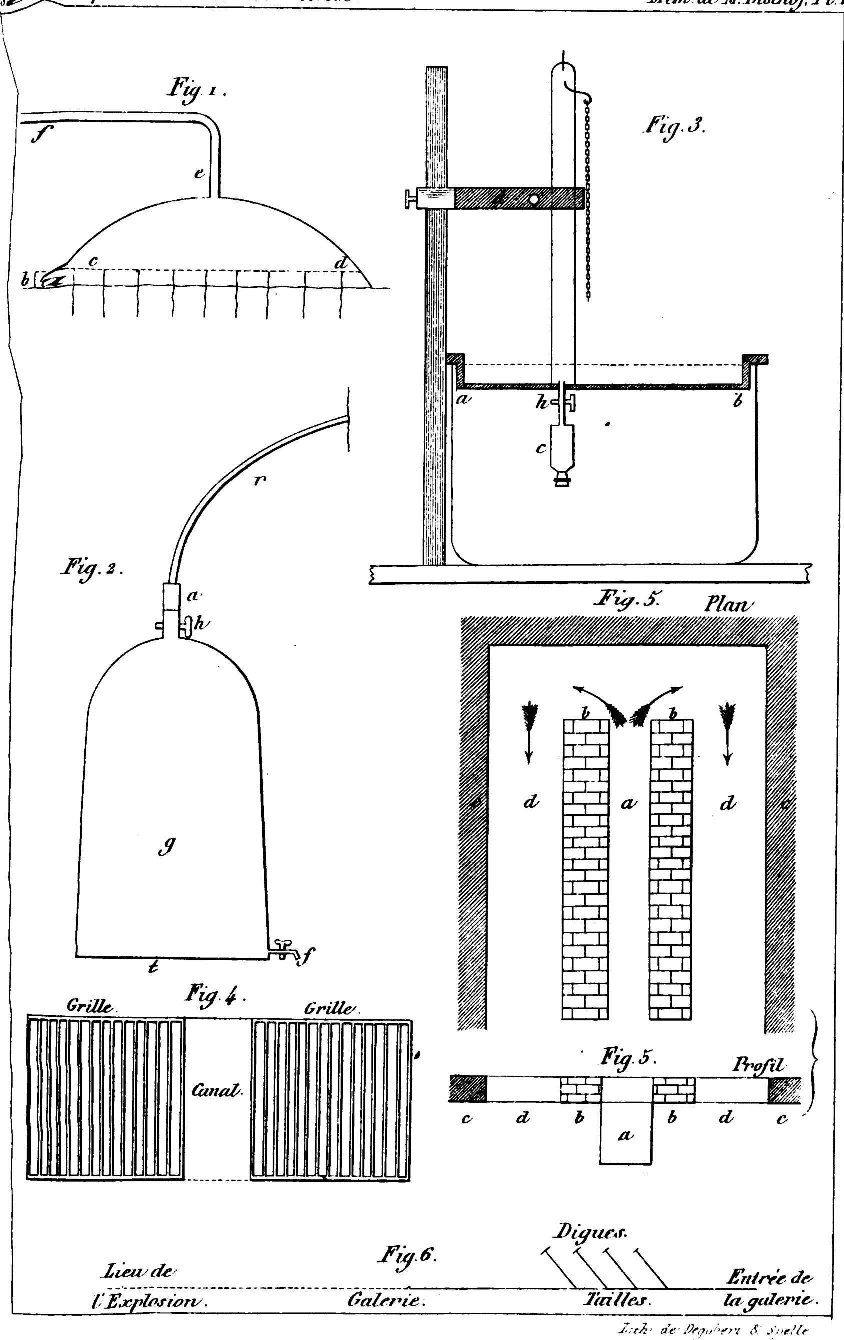
34° Dans les grisoux provenant de la soufflure *C*, tous mes tissus sans exception communiquèrent l'incendie au dehors. Ainsi, tous les tissus qui, aux soufflures *A* et *B*, s'étaient montrés parfaitement sûrs, ne le furent plus ici. (Chap. VII.)

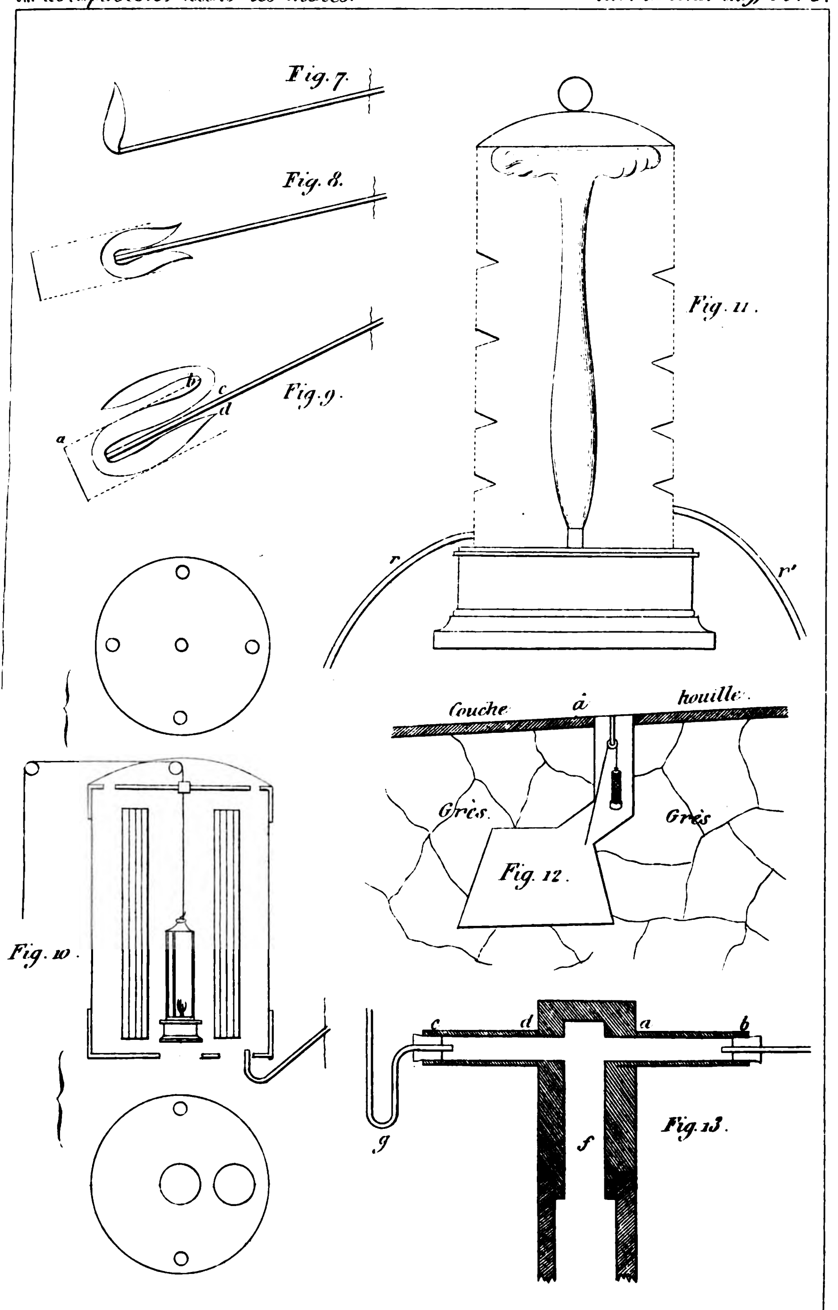
35° D'un autre côté, des cylindres de fil ayant 620 ouvertures, au pouce carré, mettent parfaitement à l'abri de tout danger dans ces grisoux. (Chap. VII.)

36° Comme il est à peine possible que, dans une mine quelconque, il se rencontre des grisoux plus intenses que ceux dont il vient d'être question (qu'on se rappelle que le gaz inflammable qui forme ces grisoux renferme 16 pouces carrés de gaz oléfiant), on peut admettre que, dans aucun cas, l'inflammation ne se répandra au dehors, à travers un cylindre de 620 ouvertures, au pouce carré. (Chap. VII.)

37° Un tel cylindre n'ayant pas encore le *maximum* d'ouvertures prescrit par Davy, et employé jusqu'ici, il s'ensuit que la lampe de Davy procure la plus grande sûreté que l'on puisse attendre d'un instrument quelconque, construit par les hommes.

FIN.


Fig. 1.
f
e
c
d
b
Fig. 3.
a
h
b
c
Fig. 2.
r
a
h
g
t
f
Fig. 5.
Plan
b
b
d
a
d
c
c
Fig. 4.
Grille.
Grille.
Canal.
Fig. 5.
Profil
c
d
b
b
d
c
a
Digues.
Fig. 6.
Lieu de
l'Explosion.
Galerie.
Tailles.
Entrée de
la galerie.
Lith. de Degobert & Snelle


Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
a
b
c
d
Fig. 11.
r
r'
Couche
a
houille
Grès.
Grès
Fig. 12.
Fig. 10.
c
d
a
b
g
f
Fig. 13.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE ET L'ÉCLAIRAGE

DES MINES,

PAR M. TH. LEMIELLE,

DE NAMUR.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE ET L'ÉCLAIRAGE

DES MINES.

PREMIERE PARTIE.

DE L'AÉRAGE.

Le génie est le triomphe des peuples.

L'aérage des mines est la première condition de sécurité et de salubrité pour les mines ; aussi, son application à toute houillère tant soit peu importante mérite-elle une étude profonde, de la part du conducteur des travaux, car telle méthode d'aérage permettra l'emploi de la poudre pour faire sauter la mine sans

le moindre danger, tandis que ce danger sera imminent pour un aérage mal combiné.

Les anciens travaux étant une source d'émanations de gaz inflammables et d'air vicié, l'on devra éviter l'arrivée de l'air par des galeries qui seraient en communication avec des travaux abandonnés. On devra donc aussi proscrire, pour ce genre d'exploitation, le mode d'aérage qui consiste à faire pénétrer l'air par la bure d'extraction; à faire circuler, de travaux en travaux, cet air qui arriverait d'une taille à une autre, encore tout chargé de gaz hydrogène carboné et impur, et qui n'apporterait que le danger là où il devrait le chasser; ce mode devient alors en effet une source d'infection pour les travailleurs, et n'a pour objet que de diminuer le danger, sur un point, pour l'augmenter, sur un autre point; et ce danger devient d'autant plus grand que les conduits d'aspiration sont toujours plus ou moins éloignés des travailleurs, que ceux-ci travaillent, le plus souvent, en montant, pour laisser écouler les eaux, qu'alors le gaz hydrogène carboné est recueilli dans ces hauteurs, comme dans un récipient où sa légèreté le porte *naturellement*; et cependant c'est dans ces récipients que les ouvriers travaillent entourés de lampes, qu'ils font sauter la mine! comment des catastrophes épouvantables ne viendraient-elles pas fondre sur ceux qui les provoquent par une aussi coupable indifférence?

Ces simples considérations suffisent pour démontrer que ce système d'aérage ne convient qu'à des travaux de peu d'étendue, et que l'ignorance seule peut l'accréditer pour des exploitations tant soit peu considérables.

Le mode d'aérage qui conviendra le mieux sera donc celui qui amènera, par des conduits, l'air pur dans les tailles où séjournent les ouvriers, qui chassera constamment, loin des travailleurs, l'air vicié et le grisou qui pourraient avoir leur source dans un voisinage peu éloigné, ou dans des travaux délaissés. A cet effet, une voie d'air, prenant sa source à une voie commune, devra venir déboucher sur chaque taille, c'est-à-dire que

la bure principale, donnant passage à l'air entrant sous terre, devra former, à sa base, un rameau vers chaque exploitation; l'entrée de l'air sera modérée, à son passage dans chaque embranchement, par une écluse, pour le distribuer suivant le besoin et l'importance de chaque lieu exploité, de telle sorte qu'un embranchement puisse également se subdiviser, le plus favorablement possible, suivant la direction des travaux, sans toutefois que jamais l'air qui provient d'une taille puisse servir de nouveau à aérer une autre taille. L'air ayant servi d'aérage devra être conduit, hors des travaux, par le plus court chemin, c'est-à-dire par les voies de conduite du charbon à la fosse d'extraction; par ce moyen l'air arrivera toujours, à son plus haut degré de pureté, parmi les travailleurs, et la poudre fera sauter la mine sans danger. Dans cet état de choses, concevons qu'un coup de feu éclate; tout le grisou et l'air vicié ne peuvent plus se rencontrer qu'à proximité de la bure d'extraction, où ils viendront affluer, de toutes les parties en exploitation, par les moyens d'aspiration postérieurement décrits; ce n'est donc qu'à cet endroit ou dans son voisinage que le coup de feu trouvera prise à se manifester. Mais l'air et le gaz acquerront subitement un volume considérable, et se précipiteront naturellement par la voie la plus large que leur présente la bure d'extraction; l'inflammation du gaz y causera une aspiration subite dont l'effet sera de ramener de suite une quantité d'air pur sur le lieu d'explosion; les ouvriers pourront recevoir une secousse violente par la détonation, être renversés à terre par la violence du vent, mais jamais périr d'asphyxie et par centaines, comme il arrive dans le premier mode d'aérage, lequel devient alors la cause d'une mort certaine. L'air, en effet, n'existe plus dans les galeries; il est aspiré d'un côté dans la bure d'extraction, et a détruit l'effet des foyers d'aérage dans la bure d'aspiration; l'acide carbonique, les poussières de charbon, demeurent en équilibre, et l'homme est promptement victime de ces éléments contraires à la vie, devenus plus funestes par la chaleur extrême qui accompagne la combustion du grisou. Dans le second cas, au contraire,

l'inflammation qui se portera de suite dans la bure d'extraction s'ajoutera aux moyens d'aérage ordinaire; le volume et la légèreté de l'air qui s'ensuivra fera nécessairement le même effet que le jet de vapeur dans la cheminée des machines locomotives de Stéphenson, dont l'action est plus efficace pour aspirer que les meilleurs ventilateurs. C'est donc la bure d'extraction qui doit être choisie pour les foyers d'aspiration de l'air qui viendra déboucher sur les tailles; cette bure étant invariable, ne pourra donner lieu à aucun récipient au gaz hydrogène carboné, à moins que l'on ne commençât des travaux à partir de cette bure, lesquels auraient pour objet de former une voie de communication à d'autres travaux; dans ce cas, l'on devra encore y amener préalablement un moyen de renouvellement de l'air, parce que toute partie de galerie non aérée devient un réfuge aux gaz, dès que ceux-ci peuvent y communiquer.

Ce système d'aérage serait complet, si les foyers d'aérage offraient eux-mêmes toutes les garanties nécessaires pour ne point déterminer une explosion. Or, les moyens employés sont loin de suffire à un pareil besoin; en effet, dans telle exploitation, le feu est bien reculé hors de la voie principale; l'air n'arrive sur le foyer qu'avec certaines précautions, à travers quelques entraves; ailleurs, on le suspend à quelques toises sous le sol, surmonté d'une cheminée; mais, s'il arrive une tempête, un ouragan, un vent violent s'engouffre dans les bures, en dérange entièrement les courants d'air, et les ouvriers courent le plus grand danger. Le même effet se produit sur les foyers domestiques; le vent rétrograde dans les cheminées et lance dans nos appartements de longues traînées de feu et de fumée; la sécurité que l'on peut établir sur ces foyers n'est donc qu'éventuelle; aussi devraient-ils être entièrement proscrits, aussi bien, que l'emploi de lampes à nu, dans les travaux. Un foyer remplira nécessairement toutes les conditions voulues, s'il peut brûler au milieu du gaz inflammable, sans lui communiquer le feu; cette propriété est reconnue aux toiles métalliques, et à un degré d'autant plus puissant, qu'elles seront opposées à l'in-

flammation, en un plus grand nombre de doubles superposés. Le problème à résoudre est donc celui-ci : Construire un foyer en gaz métallique propre à brûler, sans communiquer le feu aux gaz inflammables des houillères.

La construction suivante paraît la plus favorable pour cet objet :

L'ensemble de l'étude (voyez la planche) consiste en deux cylindres concentriques *ABCD, EEE'E'*. Le petit cylindre (ou garniture intérieure) *ABCD*, ajusté dans le grand *EEE'E'*, est seul destiné à recevoir le combustible et à former le foyer de l'étuve d'aérage. Il porte une grille *CD*, à sa partie inférieure, et est rempli à deux tiers de coak. Le plus grand cylindre se prolonge au-dessus et au-dessous du petit, qu'il enveloppe. Il est prolongé vers la base d'environ un mètre et demi, et s'y termine par la base *MME'E'* propre à recevoir les cendres. Celles-ci sont enlevées par une ouverture *P*, lorsque leur niveau *MM* au-dessus du fond ne laisse plus aucun danger d'être traversé par l'air, de telle sorte que ce niveau n'est jamais abaissé que par l'enlèvement d'un surcroît de cendres.

Des ouvertures *OO* sont pratiquées au-dessous de la grille, sur la longueur du grand cylindre, sur une hauteur d'environ un mètre et sur une largeur de douze centimètres environ. Ces ouvertures sont recouvertes de trois bandes de gaze métallique, superposées l'une à l'autre, et sont destinées à donner passage à l'air pour entretenir le foyer; trois ou quatre de ces ouvertures sont pratiquées inférieurement au foyer, afin d'en activer l'action, laquelle pourrait aussi être augmentée par le vent d'un soufflet ou ventilateur, en cas de besoin. Le même cylindre *EEE'E'* s'élève en cheminée d'environ trois mètres au-dessus du foyer.

Des ouvertures *O'O'* pratiquées au-dessus du foyer, semblables aux premières, laissent aussi sortir l'air chaud destiné à l'aérage, à travers un triple rang de toile métallique qui les recouvre.

Le combustible est introduit sur le foyer, sans que celui-ci

puisse communiquer à l'air extérieur ; à cet effet, une ouverture *K* est pratiquée à la cheminée cylindrique, à vingt-cinq centimètres environ au-dessus de la ligne supérieure *AB* du foyer ; cette ouverture est munie d'un couvercle à coulisse fermant hermétiquement. Un réservoir à coak *G* est adossé à cette ouverture, et fait corps avec la cheminée ; il s'élève au-dessus de l'ouverture *K* jusqu'en *H*, où il est muni d'une ouverture semblable à la première *K*, destinée à le remplir de coak ; par cette combinaison des deux ouvertures, *K* à la cheminée, et *H* au réservoir à coak, l'on remplira d'abord le réservoir *G*, après avoir fermé l'ouverture *K* et ouvert l'ouverture *H*; on refermera cette dernière; et l'ouverture *K*, étant ensuite découverte, laissera tomber la provision de coak sur le foyer. Il sera d'ailleurs facile de faire communiquer à l'extérieur le couvercle *K*, avec un fil d'archal *L*, traversant le réservoir, et de refermer cette ouverture pour recommencer la même opération, lorsque l'état du feu le demandera. Si l'on applique une buse garnie de toile métallique à ce foyer, l'on pourra opérer comme à un fourneau à la Wilkinson, et rendre son action plus énergique.

Cette construction étant comprise, supposons qu'il s'agisse de mettre le fourneau en activité et de le descendre dans la fosse. Un endroit propre à le recevoir sera disposé à l'avance au bas de la bure ; le fourneau sera d'abord chargé de coak allumé, puis d'une quantité suffisante d'autre coak. La combustion dans le fourneau se fera bientôt ; il suffira alors de l'accrocher en *R* à la corde d'extraction pour le descendre, de le recueillir au bas de la bure et de le placer à sa destination.

Deux ou trois fourneaux seront préparés à l'avance pour se remplacer mutuellement et journellement, après avoir été nettoyés et inspectés convenablement au jour. Il suffira, pour nettoyer la grille, de détacher une rangée de toile métallique de l'une des ouvertures inférieures, et de la rétablir ensuite dans son premier état ; les toiles métalliques pourront aussi être détachées, pour être nettoyées et inspectées, ou bien être nettoyées à place, sans être détachées. L'avantage de pareils fourneaux

sera d'éviter les emplacements nécessaires aux foyers fixes; de pouvoir être placés sans danger dans les endroits les plus favorables à leur action; d'être peu dispendieux; d'être à l'abri des vents, qui dérangent la direction des courants d'air; de pouvoir être placés au fond de la bure et d'utiliser toute leur chaleur à raréfier l'air et à former une colonne ascendante, depuis le bas jusqu'en haut de la bure d'extraction; d'amener enfin à un bien-être nouveau, par la sécurité qu'ils offrent, en dépit de toutes les circonstances qui détournent les courants d'air.

Enfin, dans les travaux de très-grande étendue, où l'aérage se fait difficilement, à cause de la longueur des galeries que l'air doit parcourir, l'on combinera avec avantage le mode d'aérage par des foyers au bas de la bure, et par des foyers ou moyens mécaniques appliqués au haut de celle-ci; les foyers pourront aussi être multipliés, suivant le besoin, comme il arrive que l'on multiplie les chaudières des plus fortes machines à vapeur, afin de faire aboutir les conduits de vapeur de chacune d'elles à un tuyau commun, lequel, comme artère principale, ramène la totalité de la vapeur au centre de mouvement.

Le but proposé sera rempli, si l'on parvient à détourner l'air, en haut de la bure, vers des foyers surmontés de hautes cheminées; à cette fin, l'on devra clore le dessus de la bure, pendant l'ascension et la descente des tonnes ou cufats, et pratiquer, un peu au-dessous du sol ou à sa superficie, une voie en galerie large, prenant son origine à la bure, et conduisant hermétiquement aux foyers ou à la machine à vapeur comme il sera expliqué.

Il sera facile de clore la bure par un moyen souvent employé dans les magasins, et particulièrement dans les moulins à farine, pour élever les sacs de grains sur les greniers; l'on remarque, en effet, le plus souvent, pour cet objet, une porte horizontale au plancher, formée de deux battants, dont chacun ferme la moitié de l'ouverture au plancher; une incision demi-circulaire est pratiquée dans le milieu du bord de chaque battant opposé au tournant de chacune de ces demi-portes, de

manière que, par leur fermeture, les incisions demi-circulaires viennent se rejoindre et former un trou circulaire livrant passage à la corde qui, se mouvant normalement, va s'enrouler plus haut, sur une poulie ou tout autre mécanisme propre à enrouler une corde. Le sac de grain est lié à l'extrémité de cette corde; celle-ci enlève le sac qui, venant heurter les deux battants, les force à s'ouvrir; ceux-ci demeurent inclinés vers le trou, et retombent, pour le fermer, lorsque la charge est passée; le sac vient ensuite à reculon se rasseoir sur ces portes qui ne s'ouvrent que de bas en haut, et est enlevé pour être casé. Il sera donc aussi facile d'appliquer ce système de porte à l'ouverture de la bure d'extraction; d'emborder les jointures de peaux à duvet épais, analogues aux soupapes des soufflets de forges, afin de fermer aussi hermétiquement que celles-ci; de garnir le trou de passage de la corde ou chaîne, de rouleaux bien garnis de peaux de mouton, par exemple, de manière à former un galet tournant élastique, propre à embrasser et à serrer hermétiquement la corde, et à en laisser passer les nœuds. L'effet de la tonne de charbon ou du cufat, en montant, sera de venir heurter et ouvrir ces portes, qu'il laissera retomber après son passage; elles pourront tenir lieu des plates-formes que l'on fait glisser à la surface de la bure, sous la tonne de charbon, lorsque celle-ci, étant sortie de la fosse, vient de se rasseoir sur cette plate-forme, pour être amenée; l'on devra de même ouvrir chacun des battants avec des cordes qui y seront fixées à cet effet, pour introduire de nouveau le tonneau vide dans la fosse et les renfermer pendant la descente de ce dernier.

Ce moyen, propre aussi à favoriser l'application des ventilateurs aspirants, remplira donc avec avantage l'objet cherché de détourner l'air; l'on pratiquera alors une voie creuse, de largeur suffisante, à fleur du sol, à partir de la bure, et on la recouvrira de manière à former un canal en maçonnerie ou en bois, lequel viendra déboucher dans une haute cheminée sous laquelle on placera les foyers nécessaires; les foyers placés au fond de la fosse n'en seront activés que davantage par

le courant d'air que produiront ceux d'en haut, tandis que ceux d'en haut seront activés par le courant d'air déjà produit par ceux d'en bas.

Dans le plus grand nombre de cas, la cheminée de la machine à vapeur et l'emploi de la vapeur à l'aérage, à sa sortie du cylindre, pourront remplir, en partie ou en totalité, l'effet cherché; ces cheminées sont ordinairement d'un diamètre assez large pour une machine à vapeur d'une plus grande force, de manière que l'on pourrait en agrandir la grille, et obtenir un surcroît d'effet qui, joint à l'effet de la vapeur, comme il va être expliqué, sera capable d'une très-grande aspiration. Il suffira alors de masquer le cendrier par une porte coupant le passage de l'air ; de mettre une des parties latérales sous la grille, c'est-à-dire une des parois du cendrier en communication avec la voie d'air précédemment décrite; d'intercepter le passage direct de l'air de la fosse sur le foyer, par une grille ou plate-forme à jours recouverts d'une triple rangée de toiles métalliques; d'enclaver cette grille ou plate-forme dans la maçonnerie, à une distance assez éloignée de la chaudière pour qu'une rupture à celle-ci ne puisse l'endommager. Le retour de l'air enflammé vers la fosse sera ainsi intercepté par les toiles métalliques solidement disposées sur cette plate-forme à jours, ou barrière de sécurité, laquelle pourrait, dans tous les cas, dispenser de l'emploi de fourneaux, comme dans le fond de la bure.

D'un autre côté, la sortie de la vapeur hors du cylindre, après son action sur le piston, sera encore employée avantageusement comme un moyen efficace d'aérage, si le tube de sortie de cette vapeur est disposé, comme dans les machines locomotives de Stephenson, dans un tube de sortie, correspondant ou non correspondant à la cheminée, mais communiquant à la voie d'aérage dérivant de la bure d'extraction. L'action de l'élasticité de la vapeur est en effet de s'élancer, avec force, par ce tube de sortie, tout en laissant derrière elle un vide plus puissant pour aspirer que les meilleurs ventilateurs C'est ainsi que

Séguin, dans ses machines locomotives du chemin de fer de Lyon à Roannes, supprima les ventilateurs de ses machines pour user du moyen simple et facile que Stephenson avait découvert; l'on obtient en effet des résultats plus énergiques, sans autre dépense que la direction de la vapeur dans le tube de sortie, et ce moyen ne peut manquer d'être de la plus grande utilité pour produire la circulation de l'air dans les houillères, attendu qu'il n'expose à aucun danger d'inflammation, qu'il ne demande aucun entretien, que c'est un moyen d'utiliser la chaleur perdue des machines à vapeur, et qu'il est le plus propre à prévenir les dangers d'inflammation par les foyers d'aérage. Dans le cas d'insuffisance de la vapeur sortant du cylindre, une chaudière pourrait être adjointe à la première, et destinée à produire uniquement cet effet. Ce moyen serait à l'épreuve de tout coup de feu, et remplirait plus puissamment l'objet de l'aérage que les machines soufflantes dont la mise en mouvement est difficile, sujette à des réparations fréquentes, et qui ne peuvent être aussi subtiles que l'élan de la vapeur qui s'échappe.

Enfin, une dernière règle de conduite doit être consciencieusement observée par le conducteur des travaux, c'est d'amener l'air assez près des tailles pour que celles-ci ne puissent, à ce défaut, devenir le récipient d'aucun gaz; à cet effet, des tuyaux en bois, propres à s'ajuster l'un dans l'autre, à leurs extrémités, peuvent faire arriver l'air presque sur les tailles, en attendant que des travaux plus solides soient venus fixer définitivement la voie d'aérage. Ce moyen, peu dispendieux d'ailleurs, suffira toujours provisoirement pour produire l'effet cherché, celui de ne point laisser accumuler de gaz ou de mauvais airs à l'endroit du travail ou du lieu où l'on fait sauter les mines. Il procurera ainsi le double avantage d'éloigner l'occasion de péril en purifiant l'air, et de rendre le lieu plus salubre pour le mineur. Le système d'aérage proposé paraît donc le seul qu'il convienne d'adopter; et les moyens indiqués viennent en faciliter avantageusement l'application aux houillères de toutes

catégories, tout en les protégeant mieux que jamais contre les dangers qui les entourent.

C'est dans l'espoir que ces remarques seront utiles, que l'auteur a eu la confiance de les soumettre au jugement de personnes éclairées, heureux si elles méritent leur approbation.

DEUXIÈME PARTIE.

DE L'ÉCLAIRAGE.

La prudence est la voie du salut.

Le danger des inflammations de gaz, dans les houillères, n'est attesté malheureusement que par des exemples trop fréquents; le plus souvent, l'affaissement d'anciens travaux abandonnés fait sortir avec violence l'air vicié et les gaz qui y avaient séjourné; et, quelque bien aérée que soit une houillère, il serait dangereux de la fréquenter, sans être muni d'une lampe qui réunisse toutes les qualités voulues pour s'opposer au péril de l'inflammation de ces gaz. Une forte agitation de l'air, dans la houillère, est nécessairement la conséquence d'un pareil affaissement, et la lampe doit pouvoir en supporter tous les effets, pour ne point enflammer les gaz en mélange avec l'air. La lampe de Roberts, il est vrai, a la qualité précieuse de ne point enflammer les gaz les plus détonants; mais, en acquérant cette propriété, elle avait perdu la propriété indispensable à toute lampe de mineur, celle d'éclairer suffisamment; c'est pourquoi elle n'a eu qu'un très-faible crédit dans les houillères. L'air, élément principal de la combustion, y est insuffisant, sa circulation y est trop lente, le résultat de la combustion y séjourne; et, étant mélangé avec l'air dans la lampe, il occasionne une

lueur pâle qui est loin de suffire à l'éclairage. D'autre part, la gaze métallique, à travers laquelle l'air arrive dans la lampe, s'imprègne d'huile qui obstrue le passage de l'air. Ces inconvénients, joints à celui d'un prix double des lampes de Davy, en ont rendu l'emploi peu avantageux pour les houillères. L'auteur de la nouvelle lampe est parvenu à éviter ces inconvénients par la construction suivante, qui lui a donné les meilleurs résultats. Le fond est un plateau en cuivre soutenu à l'intérieur par un cercle en fer, et recouvert d'une triple gaze métallique, donnant entrée à l'air dans la lampe; ce triple réseau forme le couvercle du plateau; il occupe la partie supérieure, afin de l'éloigner du contact de l'huile dont la tendance est d'occuper le dessous. Il présente une surface assez étendue, afin de donner à l'air toute la facilité possible pour entrer dans la lampe, et y déterminer une combustion vive. Ce couvercle est surmonté d'une cheminée en tôle destinée à établir un courant d'air sur la flamme, afin de lui donner plus de vivacité. Son effet est analogue à celui du verre d'un quinquet, lequel consomme la fumée, en rendant la flamme plus brillante, effet facile à constater, car, si l'on enlève le verre d'un quinquet, sa flamme pâlit et produit avec elle un amas de fumée insupportable. La partie latérale de cette cheminée est enlevée inférieurement pour donner jour à la clarté de la flamme qui brûle au centre, et elle est remplacée par une toile métallique cerclant un petit cylindre en verre ou en cristal; l'ensemble de ce verre et de cette toile métallique est introduit dans la cheminée par le dessous, pour y être fixé; il forme, au bas de celle-ci, deux fenêtres larges, grillées de gaze, laissant à la lumière toute la facilité de se répandre. De cette manière, le verre est protégé par le réseau métallique; et, fût-il même brisé en mille morceaux, toutes les parties resteraient accolées dans ce bandage, et ne cesseraient d'abriter la flamme contre toute ventilation et l'imprudente pipe du fumeur; c'est ainsi que l'eau lancée sur la toile métallique et sur le verre, a bien pu fendiller ce dernier, mais sans que les morceaux se soient jamais séparés. La disposition du verre,

à l'extérieur, dans la lampe de Roberts, tandis qu'il est doublé de gaze métallique à l'intérieur, l'expose à l'inconvénient le plus fréquent dans les houillères, celui d'être parfois recouvert d'éclaboussures d'eau ou de boue ; d'ailleurs la dimension de son diamètre, pour l'éloigner de la flamme, aussi bien que la gaze métallique qu'il enveloppe, emporte, comme on va le démontrer, l'inconvénient de diminuer encore la clarté. En effet, l'expérience prouve que la lumière est d'autant moindre que la gaze est plus écartée de la flamme, ce que nous reconnaîtrons par l'expérience suivante : si l'on pratique, par exemple, un petit trou dans un morceau de papier, et que l'on place une bougie derrière ce trou, la lumière projetée à travers s'agrandira à mesure que l'on rapprochera la bougie du tour; et, si la lumière coïncide avec le trou, toute ombre disparaît comme si le trou était nul. Or, une toile métallique n'étant réellement qu'une suite de petits trous de la sorte, est susceptible des mêmes effets. J'en conclus donc que la disposition du verre, à l'intérieur de la gaze, facilite un rapprochement plus grand, puisque la gaze solidifie le verre, tandis que celui-ci abrite la flamme contre le vent, et que l'ensemble *éclairera* davantage, et par le courant d'air qui sera plus vif et par le rapprochement, comme il vient d'être expliqué; l'on évitera encore par ces motifs, la formation d'une fumée noire qui se dépose sur la gaze des lampes de Davy, lorsque la flamme est agitée par le vent.

L'huile est communiquée à la mèche par une tubulure soudée au plateau et recevant une bouteille cylindrique à soupape renversée, à la manière des quinquets; le tube de la mèche lui est soudé horizontalement; celle-ci est d'ailleurs crochetée et mouchetée, comme dans les lampes de Davy. La disposition horizontale de la mèche est évidemment préférable à la verticale. En effet, dans les lampes de Davy, la mèche se trouve en quelque sorte étranglée à son passage, et pendue au porte-mèche; le moindre choc de haut en bas lui fait faire le plongeon dans la lampe, ce qui a fait commettre plus d'une fois

l'imprudence aux ouvriers de la rallumer dans des endroits peu sûrs. Le niveau constant d'huile, procuré par une bouteille renversée, est le moyen le plus propre à un éclairage régulier. Il arrive en effet, dans les lampes de Davy, que, lorsque le niveau s'éloigne de la mèche, la lumière pâlit, ne fait plus que fumer, l'ouvrier doit à chaque instant y toucher et bientôt quitter son travail. L'huile, au contraire, par la nouvelle disposition, brûle jusqu'à la dernière goutte, sans fumée, sans qu'on soit obligé de toucher à la mèche, qui est toujours bien abreuvée d'huile. Nul choc ne vient l'éteindre; jetée à terre, la lampe peut y rouler dans tous les sens; enfin, liée à une corde, elle pourra encore tourner, à la manière d'un projectile dans une fronde, sans s'éteindre ni perdre son huile.

Le dessus de la cheminée en tôle est destiné à être recouvert de toile métallique en triple réseau, roulé en cylindre, s'y adaptant en étui, et se détachant commodément pour être nettoyé. Il laisse sortir à travers son réseau le résultat de la combustion formé dans la lampe.

L'ensemble de toute la lampe est abrité par de petits barreaux en fer dont deux traversent le cercle en fer du plateau en cuivre, et ferment la lampe par des vis qu'ils reçoivent endessous du plateau. Un anneau en fer s'applique d'ailleurs sur le bord du couvercle du plateau, et recevant la pression de chacune des tiges ou barreaux, contribue à fixer le couvercle contre le plateau et à consolider l'ensemble des parties de la lampe. La construction simple de l'ensemble rend son prix peu élevé (quatre francs et demi) et par cela accessible facilement à toutes les exploitations. Elle présente une barrière trois fois plus puissante que la lampe de Davy à l'élément dangereux contre lequel elle protége le mineur. Elle peut être exposée à une température rouge (1) et ses parties peuvent être contournées de toutes

(1) Ce moyen peut servir à nettoyer parfaitement la lampe. Un petit fourneau peut servir à en nettoyer vingt ou trente à la fois, en les faisant passer à une températnre rouge.



les manières, sans se briser. Aucune soudure à l'étain n'en compromet la solidité; tout y est cuivre soudé en cuivre, de telle sorte que les soudures sont plus solides que les autres parties.

D'autre part, elle éclaire plus que les lampes de Davy, et peut servir pour deux houilleurs à la fois. Cet arrangement est encore propre à diminuer de moitié les sources de danger que chaque lampe présente. Les anciens houilleurs pourraient seuls être porteurs de lampes. Des accidents récents ont prouvé que l'inexpérience d'un nouvel ouvrier a compromis l'existence de tous les autres; ce serait donc un bien pour tous que cela se fît ainsi. Combien, en effet, ne voit-on pas, dans les fosses, de jeunes ouvriers courir et se heurter imprudemment, agiter leur lampe avec force, provoquer enfin les accidents redoutés que les anciens, plus sages et plus éclairés, mettent tant de soin à prévenir. Enfin, le résultat serait le bien-être de tous, et une économie notable de consommation pour les exploitants. (Voir l'instruction jointe à la fin de ce mémoire).

Il est des travaux que leur position rend inaccessibles à l'homme dévoué, après que des dévastations produites par l'eau ou par d'autres accidents, tels que les éboulements, les coups de feu, etc., etc., en sont venus interrompre les moyens d'aérage. Il est alors essentiel de pouvoir les aborder, soit pour porter du secours, soit pour reconnaître les réparations à faire afin de rétablir le tout dans l'état primitif. Dans ces circonstances, l'air est impropre à la combustion de la lampe et à la respiration pour la vie. Il faudra donc modifier le dessous de la lampe de manière à pouvoir vériner au-dessous, et immédiatement au-dessous de la mèche, une sphère creuse, à air fortement comprimé. A cet effet, cette sphère, munie d'une tubulure et d'un robinet, sera d'abord vérinée à une pompe foulante. Le robinet appliqué à la tubulure retiendra l'air qui y aura été foulé; la sphère ainsi munie d'une provision suffisante d'air sera vérinée sur la lampe, et le robinet laissera arriver l'air sur la mèche, de manière à pourvoir régulièrement à son alimentation. Pour faciliter cette opération, le tournant du robinet sera muni de petits trous ca-

pillaires; le robinet, ouvert graduellement, laissera d'abord communiquer un seul petit trou capillaire avec l'intérieur de la sphère; puis deux, trois, en augmentant à mesure que la pression de l'air décroît dans la sphère. Par cet arrangement, l'air modéré à sa sortie de la sphère, alimentera la combustion de la flamme, au milieu des gaz les plus énergiques pour l'éteindre. Les petits trous capillaires devront donc aller en croissant de nombre, à mesure qu'ils se rapprocheront du trou ordinaire, foré au tournant du robinet, et seront un moyen accidentel efficace pour régler la sortie de l'air hors de la sphère.

En second lieu, pour se préserver de la respiration des gaz délétères, la personne se liera hermétiquement, à la bouche, un embouchoir analogue à ceux des porte-voix. Cet embouchoir, garni de cuir ou de caoutchouc, communiquera à l'air propre à la respiration, par un long tuyau en cuir conforme à ceux qu'employent les pompiers, en cas d'incendie. Des anneaux liés au dedans du tuyau, et à des distances assez rapprochées, empêcheront le tuyau de s'obstruer en s'aplatissant; l'homme respirera alors en aspirant par la bouche et en expirant par le nez; il se munira d'un soufflet dont la buse devra être mise en communication avec le tuyau, à proximité de la bouche. Dans cette circonstance, si l'homme ferme la bouche, en même temps qu'il ouvre le soufflet, celui-ci s'emplira d'une provision d'air qui pourra se renouveler, à la volonté de celui qui l'emploiera. Dans le plus grand nombre de cas, le soufflet sera inutile, mais l'on conçoit que, pour une longueur très-grande, l'aspiration en deviendra plus facile. Pour faciliter l'usage de cet appareil, l'homme devra se lier le tuyau en cuir aux épaules, de manière à l'entraîner facilement derrière lui, à mesure qu'il pénètrera dans les travaux, et le soufflet devra être lié au corps, en dessous du bras, de manière à être mis en mouvement par le mouvement de la première articulation du bras à partir de l'épaule. Le tuyau sera d'ailleurs enroulé sur un tambour, de manière à pouvoir être mis promptement en usage, en cas d'accidents.

Plusieurs sphères précédemment décrites seront toujours préparées et chargées d'air, afin de pouvoir promptement porter secours.

L'on pourra donc, au moyen d'un pareil équipement, s'introduire avec confiance dans les lieux de désastre, et sauver la vie à ceux qui ne périssent que trop souvent parce que l'interruption de l'aérage ne permet pas de leur porter le moindre secours.

INSTRUCTIONS POUR L'EMPLOI DE LA LAMPE.

Pour ouvrir la lampe, on commencera par diviser les deux écrous qui sont boulonnés en dessous de la base, et l'on poussera les vis hors de leurs trous; alors on pourra enlever la couronne, formée de fils d'archal, qui recouvre toute la lampe.

Le réservoir cylindrique à l'huile est échancré au sommet, du côté de la cheminée de la lampe; l'un des fils d'archal passe dans cette échancrure, pour fixer invariablement le réservoir à la lampe. On enlèvera ce réservoir de la tubulure du fond, pour le remplir d'huile; on l'essuiera avec soin, afin de ne point mouiller d'huile les autres parties de la lampe.

La gaze métallique, surmontée de la cheminée en tôle et formant le couvercle du fond, s'enlèvera ensuite. La calotte de la cheminée s'en détache, comme le couvercle d'un étui, en la tirant de la cheminée. On la nettoiera en la faisant rougir au feu, de même que la gaze métallique du fond, en ayant soin de retirer préalablement le verre qui est introduit dans la cheminée.

La lampe étant ainsi démontée, en toutes ses parties, une mèche est introduite dans le porte-mèche, au moyen d'une pe-

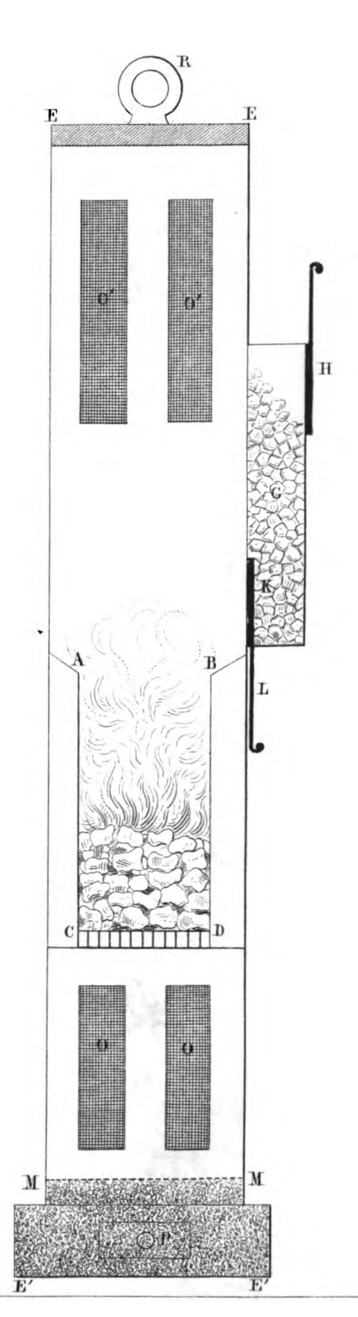
tite tringle ou lame plate annexée à la lampe. Cette mèche peut être ronde ou plate, pour toute autre lampe de même modèle; cependant la mèche plate est préférable, parce qu'elle présente plus de parties à l'air. La cheminée est recouverte de la calotte métallique; et, le verre ayant été remis à sa place, en introduisant en avant le côté de moindre diamètre, l'on remettra la gaze métallique du fond, en faisant passer la tubulure par le trou qui y est pratiqué à cette fin.

La gaze étant ainsi enfilée dans cette tubulure, celle-ci est penchée vers la terre, pour recevoir le réservoir d'huile, de telle sorte que l'huile ne puisse dégoutter sur les toiles métalliques, accident qui n'offre aucun danger pour cette lampe, mais que l'on doit éviter, afin de ne point obstruer les gazes métalliques. La lampe étant alors placée sur sa base, l'huile ne tardera pas à imprégner la mèche, que l'on allumera alors, en soulevant un peu la gaze de dessous, et en l'élevant vers l'épaulement du réservoir à l'huile. La gaze est ensuite abaissée et emboîtée dans le fond. La couronne, formée par les gros fils d'archal et l'anneau en fer, recouvre le tout, en faisant prendre, dans l'échancrure du réservoir, la plus grande des tiges; les extrémités des fils d'archal, ayant été taraudées, sont introduites dans les trous correspondants du fond de la lampe. Les mêmes lettres, sur le fond et sur l'anneau fixé aux tiges de fil d'archal, indiquent d'ailleurs leur position respective; les écrous sont revissés en dessous, au moyen d'une petite clef annexée à la lampe, et achèvent de consolider toutes les parties de la lampe qui sera alors propre au service.

L'on aura soin de toujours incliner la tubulure vers la terre, avant de retirer le réservoir, afin d'empêcher les gouttes d'huile qui tomberaient de se répandre sur la gaze métallique laquelle pourra, moyennant cette précaution, être employée plusieurs jours sans être nettoyée. Le verre cerclé de gaze métallique n'offrant aucun danger, quand même il se briserait, cette gaze pourrait être faite à mailles beaucoup plus larges, pour laisser tout son brillant à la lumière; cependant, comme les lampes

de Davy ont suffi, jusqu'à ce jour, par leur lumière, et qu'il pourrait arriver qu'un éclat de verre s'emportât, il est plus prudent d'employer de la gaze à fines mailles, qui, dans le cas de l'accident prévu, remplirait toujours les mêmes garanties que la lampe de Davy, lorsque le verre n'aurait pas été introduit dans la cheminée; ce qui pourrait arriver par la précipitation dans la préparation des lampes ou par une distraction qui deviendrait funeste dans le cas où les mailles seraient trop larges : cette dernière circonstance suffit donc seule pour faire rejeter la gaze à larges mailles.

FIN.



Lith. de Regn.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES,

PAR

M. MOTTE,

INGÉNIEUR-MÉCANICIEN, A MARCHIENNES-AU-PONT.

Le travail c'est la vie.

MÉMOIRE

SUR

L'AÉRAGE DES MINES.

Tous les travaux de mines de houille, étant des lieux habités, doivent être préalablement aérés, c'est-à-dire, doivent contenir un air respirable et suffisamment propre à l'entretien de la vie des hommes qui les habitent ; ils doivent aussi pouvoir être éclairés, et pour cela, cet air doit contenir en même temps les éléments nécessaires ou pas nuisibles au moyen d'éclairage employé. L'air le plus convenable à la respiration, à l'entretien de la vie et à l'éclairage (par chandelles ou par lampes à huile qui sont les moyens ordinaires), c'est l'air tel qu'il peut être pris dans l'atmosphère.

Cet air, introduit dans les travaux de mines, peut s'y charger de divers gaz, vapeurs ou miasmes et devient d'autant plus

irrespirable, nuisible à la vie, impropre à l'éclairage, inflammable, que les proportions dans lesquelles ils se sont unis à lui sont grandes. Ces proportions dépendent principalement de leurs propriétés physiques ou chimiques respectives, de la longueur ou du temps du parcours, et de la quantité de gaz, de vapeurs ou de miasmes que produit la mine.

Empêcher la production de ces fluides, ou détruire sur place leurs propriétés pernicieuses, un résultat pareil serait bon, mais il paraît peu possible; il faut donc tâcher de les expulser de vive force. Or, l'air pouvant, dans de grandes proportions même, contenir en mélange avec lui, ces fluides accidentels, pendant qu'un mouvement *suffisant* lui est imprimé, il faudra nourrir ce mouvement, en faisant passer dans les travaux une quantité d'air assez grande pour que le mélange, au point où il quitte les travaux habités de la mine, soit assez faible pour qu'il n'expose à aucun danger. L'air entre donc, par un puits, dans les travaux, les parcourt et sort avec les fluides, par un autre puits.

Les moyens que l'on doit employer pour exécuter ce mouvement dépendent de la disposition des travaux, c'est-à-dire de la masse d'air nécessaire à l'aérage, et des résistances opposées à son mouvement.

Les résistances principales proviennent des frottements, des passages étroits, des longs trajets, des coudes brusques, de la descente des fluides légers et de l'ascension des fluides pesants.

Lorsque, dans les ouvrages d'une exploitation, la somme des résistances opposées au mouvement est petite, la différence qui peut exister, entre les densités des deux colonnes d'air descendante et ascendante, suffit pour la vaincre. Cette différence provient de la dilatation de la colonne ascendante par la chaleur et par les fluides légers, et est représentée par une colonne d'eau de 0 à 5 millimètres, ou par un effort de 0 à 5 kilogrammes, par mètre carré.

Lorsque la somme des résistances équivaut à un effort de 5

à 10 kilog., le moyen précédent est insuffisant, l'on surmonte d'une cheminée et l'on dilate plus fortement une partie de la colonne d'air ascendante, en suspendant dans son puits un foyer allumé de houille. Ce moyen est inséparable d'un grand inconvénient : les gaz combustibles ou grisou, venant brûler au foyer d'aérage, exposent aux explosions.

Lorsque la somme des résistances équivaut à un effort de 10 à 20, ou à 30 kilog., on place le foyer au pied de la colonne ascendante (*Aérage des mines*, par M. Combes, 1839, pages 98—103). Ce moyen d'aérage peut être facilement arrêté et même détruit, dans le cas d'une explosion du gaz grisou.

Enfin, lorsque la somme des résistances ne peut être vaincue par les moyens précités, lorsqu'ils sont impraticables ou dangereux, il devient indispensable d'appliquer au mouvement une machine quelconque, mais qui, en remplissant les conditions de fournir le volume d'air nécessaire à l'aérage et de surmonter les résistances opposées à son mouvement, depuis son entrée dans les travaux jusqu'à sa sortie, n'ait pas, autant que possible, le désavantage d'être sujette à se rompre ou à se déranger, ou de coûter trop d'achat, de placement, de consommation et d'entretien.

La seule machine qui paraisse avoir été employée jusqu'aujourd'hui, pour exécuter l'aérage des travaux houillers, est la pompe pneumatique, composée de deux cylindres à jeu simple, et dont les pistons aspirent alternativement l'air de la colonne ascendante, ou d'un cylindre à jeu composé, dont le piston remplit le même effet que les deux précédents.

Une pompe pneumatique à deux cylindres est placée sur la fosse de la mécanique de la compagnie du charbonnage de la société de Sacré-Madame, à Dampremy. Ces deux cylindres ont $2^{m},025$ de diamètre, les pistons ont $1^{m},72$ de course et sont mus par une machine à vapeur proportionnée pour une force de 10 chevaux de 75 k. × m.; voici les résultats d'une observation faite, au mois d'octobre dernier, sur sa marche.

Excursions des pistons par minute	26
Tirage maximum, pendant l'une des excursions, pris au manomètre à eau, sur la bure d'ascension .	38 mm.
Tirage maximum, pendant l'autre excursion . .	42 mm.
Hauteur moye., pendant le maximum d'aspiration.	40 mm.

La colonne manométrique retombait à 0mm, pendant la reprise des excursions ; la hauteur qui mesure l'effort utile moyen de la machine sur le tirage, ainsi que la somme des résistances opposées au mouvement de l'air, dans les travaux, est donc de . . . . . 20 mm. ou 20 k., par mètre carré, et elle est un maximum, car le liquide se fixait plus longtemps à 0mm qu'à 38mm, et à 42mm.

Consommation, en hectolitres de charbon, pendant 24 heures 14

Elle expire donc 145,18 mètres cubes, par minute, à 20 k., ce qui donne un travail de 48 k. × m. 29, ou un effet utile égal 0,064 de la force employée.

Une autre machine, à un cylindre et à jeu composé, est placée sur la fosse St.-Léonard, du charbonnage de la société Monceaux-Fontaine, à Monceaux-sur-Sambre ; le diamètre du cylindre est de 2m,595 ; la course du piston de 2m,16 ; celui-ci est mu par une machine à vapeur proportionnée pour 20 chevaux. Voici les résultats d'une observation faite au mois d'octobre dernier :

Excursions des pistons par minute.	21
Tirage maximum, pendant l'excursion de dessous.	30 mm.
Idem. pendant l'excursion de dessus.	70 mm.
Hauteur moye., pendant le maximum d'aspiration.	50 mm.

La colonne manométrique retombait à 0mm, pendant la reprise de l'excursion de dessus, tandis que le

mouvement du liquide se renversait, par suite de l'impulsion qu'avait donnée, à la colonne d'air ascendante, l'excursion de dessus plus rapide que l'autre, et montrait une compression supérieure à celle de l'atmosphère de . . . . 8 mm.

La hauteur moyenne, pendant le maximum d'aspiration, doit être réduite à. . . . . 46 mm.

La hauteur qui mesure l'effort utile moyen de la machine sur le tirage, ainsi que la somme des résistances opposées au mouvement de l'air, dans les travaux, est donc de . . . . 23 mm.
ou 23 kil., par mètre carré.

Consommation, en hectolitres de charbon, en 24 heures. 28

Elle expire donc 239,77 mètres cubes, par minute, à 23 kil., ce qui donne un travail de 91 k. × m. 77, ou un effet égal à 0,061 de la force employée.

Une perte de force aussi frappante nous fit courir à sa recherche. Ayant placé le manomètre à eau au-dessus du piston de cette machine, qui ne faisait en ce moment que 18 excursions par minute, la colonne manométrique montrait une dépression maximum de 125^{mm}, pendant l'aspiration, et une compression maximum de 30^{mm}, pendant l'expulsion de l'air du cylindre. L'ayant ensuite placé sous le piston, la dépression, pendant l'aspiration, marquait 100^{mm}, et la compression, pendant l'expulsion, 35^{mm}, ce qui constitue une colonne continue de 72^{mm},5, et qui eut valu au moins 80^{mm}, quand le piston marchait à 21 excursions, ou 0,21 de la force employée; ajoutant à cette fraction celle de la force utilement dépensée, nous ne retrouvons encore que 0,271 du travail des 20 chevaux de la machine; le reste doit être consommé dans les frottements du grand piston et dans la manœuvre du pesant appareil. Il est à douter que les pompes appliquées à l'aérage des mines atteignent jamais un effet de 0,10 de la force employée.

Cette machine coûte, placée, 30,000 francs, et, par 24 heures de marche, pour la journée du conducteur, la consommation de charbon, d'huile, entretien, etc., environ 32 francs.

Ces énormes frais et le peu d'aptitude des pompes à l'aérage ont fait porter nos recherches d'un autre côté. Voici la machine et le système d'aérage que nous proposons, pour remplir les conditions que nous avons posées, et pour remplacer les foyers.

VIS PNEUMATIQUE (*voy.* la planche).

Cette machine est composée : d'un cylindre placé verticalement, communiquant par sa base inférieure *A*, avec les ouvrages à aérer, et, par sa base supérieure *B*, avec l'atmosphère ; d'une vis *C* munie d'une poulie *D*, placée dans le cylindre avec lequel elle fait axe commun, et d'une petite machine à vapeur dont le cylindre, placé en *E*, fait tourner le volant *F* ; ce volant, faisant fonction de grande poulie, est muni d'une courroie qui, passant sur la poulie de la vis, fait tourner celle-ci sur son pivot, de manière à engager dans son pas l'air qui arrive par l'une de ses bases.

L'air, sollicité par un mouvement composé d'une force centrifuge perpendiculaire à l'axe de la vis et d'une autre parallèle à cet axe, suit la résultante de ces deux forces, en prenant un mouvement héliçoïdal tourné en sens inverse de la vis, et avec une vitesse et un volume qui dépendent de la vitesse et des dimensions de la vis.

Lorsque, par l'autre base de son cylindre, l'air sortant est retenu par une compression progressive, la vitesse et la masse d'air obtenues diminuent progressivement, pour une même vitesse de la vis ; et, à un certain point de compression, la sortie de l'air est nulle. Chaque vitesse prise dans le sens de l'axe, correspond donc à un maximum de compression qui lui est propre, de manière que cette force, qui s'oppose à la sortie de l'air, modifie la résultante ou mouvement héliçoïdal de l'air ; mais elle

ne raccourcit sensiblement la figure qu'il décrit que lorsque la compression dépasse les $\frac{2}{3}$ de son maximum.

Lorsque, la vis communiquant, par l'une de ses bases, à une ou à plusieurs conduites opposant des résistances au passage de l'air, on lui imprime successivement plusieurs vitesses, la somme des résistances opposées au mouvement, dans les conduites, ainsi que les $\frac{2}{3}$ du maximum de la force de compression de l'air sortant, par l'autre base, sont égaux, et, pour chaque vitesse, sensiblement proportionnels aux carrés de celles-ci, et les volumes extraits sont sensiblement proportionnels aux vitesses, pour de petites différences de pression entre l'air entrant dans la vis et l'air sortant.

Voici les résultats obtenus d'une vis mue par une charge (section 1 du tableau) mesurée par le frein de Prony, placé sur l'axe qui est muni d'un tambour, sur lequel s'enroule une corde à laquelle est suspendue la charge que demande le frein.

Cet axe, qui porte la grande poulie, étant celui que la machine à vapeur ferait mouvoir directement, doit donc donner la mesure de la force appliquée à la courroie (colonne 4); le rapport entre la grande poulie et la petite est 12,5; le cylindre et la vis ont $0^m,25$ de diamètre; le filet fait un tour sur la même dimension, prise dans le sens de l'axe; le cylindre est prolongé par une buse conique, dont l'extrémité a $0^m,125$ de diamètre et qui sert de point de résistance au mouvement de l'air (sect. 2); l'autre base communique avec l'atmosphère; la vitesse d'écoulement est calculée, d'après la densité de l'air, à $0^m,0013$.

TABLEAU D'EXPÉRIENCES FAITES SUR LA VIS PNEUMATIQUE.

Nos DES EXPÉRIENCES.	Section 1. Le levier est chargé de 1 kil., le tambour a 0m,183 de circonférence de corde et fait 30 révolutions.				Section 2. Mouvement de l'air, la surface de l'orifice d'écoulement est de 0,01226 mètre carré.					Section 3. Mouvement de la vis.				
	Longr du LEVIER.	Descente de la charge.	Durée du mouvnt	Force motrice	Dépression en col. d'eau.	Vitesse théorique d'écoulement.	Volume par 1″.	Travail obtenu	Rapport de la force empl. au travail obtenu.	Révolutions par 1″.	Vitesse parallèlement à l'axe par 1″.	Volume engendré par 1″.	Rapport de la vitesse d'écoult à la vitesse engend.	Rapport du volume obtenu au volume engendré
	Mètres.	*Mètres.*	*Secondes.*	*k × m.*	*Mm.*	*Mètres.*	*M. cub.*	*k × m.*		*Nombre.*	*Mètres*	*M. cub.*		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1	0,117	22,042	22,0	1,00	6.0	9,50	0,110	0,69	0,69	17,04	4.26	0,208	2,25	0,55
2	0,234	44,083	21,0	2,09	9.5	11.96	0,146	1,39	0,66	17,85	4,46	0,218	2,68	0,66
3	0,351	66.128	17,5	3,77	14,0	14,42	0,176	2,47	0,65	21,42	5,35	0,262	2,69	0,67
4	0,648	88,171	14,5	6,08	19,0	16,92	0.207	3,94	0,64	25,86	6,46	0,318	2,63	0,65
5	0.585	110.214	13,5	8,16	24,5	19,22	0,235	5,77	0,70	27,77	6,94	0,338	2,76	0,69
6	0,702	132.256	11,5	11,50	30,0	21,27	0.260	7,82	0,68	32,60	8,15	0,399	2,60	0,65
						MOYENNE. . . .			0,67		MOYENNES. . .		2,598	0,645

De ces trois coefficients moyens (col. 3, 13 et 14), nous pouvons conclure aux trois données fondamentales pratiques nécessaires au calcul des dimensions à donner à toutes les vis pneumatiques, en observant :

1° Que le coefficient 0,645 (col. 14) doit être réduit de 0,07, pour la perte subie par suite de la contraction de l'air au passage par l'orifice d'écoulement, et qu'il peut être pris, en nombre rond, à 0,60

2° Que le coefficient 2,598 (col. 13), qui devrait être réduit de la même fraction que le précédent, doit l'être davantage, à cause que les expériences ont été faites pendant que l'air de l'atmosphère était très-dense, attendu que la température du lieu où se faisaient les expériences était à 0° centigrade et que l'air était très-sec, et peut être pris en nombre rond, à. 2,25

3° Que le coefficient 0,67 (col. 9), qui devrait aussi être réduit de 0,07, doit l'être davantage, parce que la même cause qui a fait diminuer le coefficient précédent fait aussi diminuer un peu la quantité de travail utile, et peut être pris en nombre rond, à. 0,60

APPLICATION DE LA VIS.

D'après cela, si nous voulons construire une vis capable de faire passer dans une houillère un volume minimum de 4 mètres cubes par seconde, éprouvant dans son mouvement des résistances dont la somme totale maximum sera de 60 kil., par mètre carré, chiffres que nous avons trouvés en comparant les lieux par l'habitude ; connaissant la vitesse théorique de l'écoulement de l'air, à la température 0° centigrade et sous une pression de $60^{mm},0$ d'eau, qui est de $30^{m},08$, par seconde, nous trouvons :

$$\frac{30^{m},08 \text{ vitesse théorique} \ldots\ldots}{2,25 \text{ rapport des vitesses} \ldots\ldots} = 13^{m},36 \text{ vitesse engendrée.}$$

$$\frac{4,00 \text{ mètres cubes à extraire} \ldots}{0,60 \text{ rapport des volumes} \ldots\ldots} = 6^{m},66 \text{ cube engendré.}$$

$\frac{6^{m}.66 \text{ cube engendré}}{13.36 \text{ vitesse engendrée}}$ = 0.498 surface du cylindre ou 0m.80 de diamètre et longueur de filet.

$\frac{13.36 \text{ vitesse engendrée}}{0.80 \text{ longueur de filet}}$ = 16.17 révolutions, en une seconde. ou 1002 par 1′.

$4^{m3}.00 \times 60$ k. de tirage . . . . . = 240 k. × m.

$\frac{240 \text{ k.} \times \text{m.}}{0.60 \text{ rapport du travail}}$ = 400 k. × m.

$\frac{400 \text{ k.} \times m}{75 \text{ k.} \times m. \text{ ou 1 cheval vapeur}}$ = 5.33 force en chevaux de la machine.

AÉRAGE PAR LA VIS PNEUMATIQUE.

Une vis, construite d'après les règles que nous avons posées, sera placée au jour, sur la bure aux échelles ou sur le plus petit compartiment de la bure d'extraction de la mine, ou mieux sur une branche de ces bure ou compartiment; elle puisera, par sa base supérieure, l'air de l'atmosphère, qu'elle enverra parcourir les travaux de la mine et qui sortira par la bure d'extraction.

Le mouvement donné à l'air dans ce sens est préférable au mouvement contraire :

1° Parce que le volume d'air entrant, augmentant de plus en plus par les gaz, vapeurs, etc., qu'il emporte dans son trajet, ainsi que par la chaleur qu'il reçoit du terrain, doit sortir par une bure ayant une section plus grande que celle par laquelle il est entré, afin de ne pas rendre plus grande la résistance à son mouvement;

2° Parce que ce courant d'air devenant, le cas ayant lieu, d'autant plus explosif qu'il s'écarte de la descendrie aux échelles et de la vis, ces deux éléments de salut, dans le cas d'explosion sont d'autant moins exposés à être détruits;

3° Parce que la possibilité d'explosion du gaz grisou étant ramenée vers la grande bure, la force explosive trouve plus près d'elle, le cas arrivant, une grande issue et devient par là moins dévastatrice;

4° Enfin, dans le cas de compartiments de la bure, parce que la séparation peut être construite de manière à pouvoir résister à toute explosion qui aurait lieu dans le grand compartiment, où se trouve le courant d'air qui peut devenir explosif.

L'exploitation sera, autant que possible, subdivisée en quartiers aérés par des courants séparés, dont la puissance sera réglée d'après les besoins, et conduits de manière à ce qu'en cas d'explosion des gaz grisoux dans l'un, les désastres ne puissent s'étendre dans les autres.

Les vieux travaux non aérés doivent être séparés des ouvrages en exploitation par de bonnes cloisons, et communiquer au puits de sortie de l'air pour l'échappement des gaz et des vapeurs qui s'y forment, par un conduit, quelqu'étroit qu'il soit.

Le mineur doit s'éclairer avec la lampe de Davy, telle qu'elle est employée aujourd'hui dans les houillères bien conduites, en suivant les instructions pratiques prescrites à l'égard de son emploi.

Nous avons donné le moyen d'éloigner la possibilité des explosions de grisoux ; nous donnons maintenant celui qui conduira le mineur dans les ouvrages qu'un air irrespirable rend inhabitables.

SAUVETAGE DANS LES MINES INFECTÉES.

La houillère doit être munie d'une ou de deux machines pneumatiques de sauvetage, portatives, capables de donner 0,5 mètre cube environ d'air, par seconde, à une compression ou dépression de 20 à 30 mm. en colonne d'eau, et mue par un ou par deux hommes. La vis pneumatique présente, dans cette application, les mêmes avantages, sur toute autre machine, que dans celle décrite précédemment. Pour produire l'effet proposé, son diamètre sera de $0^{m},334$, et elle fera 28 révolutions par seconde. Ces vis sont horizontales. La mine sera en outre munie de boyaux en toile légère et imperméable à l'air, du même diamètre que la vis, longs de 3 à 4 mètres, garnis inté-

rieurement d'un fil de fer tourné en spirale, afin qu'ils puissent soutenir une compression intérieure ou extérieure, former des coudes ou se replier sur eux-mêmes, aux extrémités de bouts coniques en tôle pouvant s'emboiter et former un conduit de 50 à 100 mètres ou plus, ainsi que de plusieurs pièces carrées en même toile, percées d'un trou pouvant s'adapter à un boyau ou, comme eux, à la base de la vis, et d'autres sans trou.

Une vis coûtera 200 francs, le mètre courant de boyaux 1 franc et chaque toile 4 francs environ.

Si, par suite d'un coup de feu grisou ou autrement, la partie des travaux à aérer se trouve tellement isolée des parties aérées de la houillère, qu'elle ne tienne à celles-ci que par une seule galerie, qui est aussi inhabitable, on placera une vis auprès de l'entrée de cette galerie, de manière que, par sa base antérieure, elle aspire de l'air sain, et l'envoie, par l'autre base, à laquelle on ajoute successivement des boyaux en toile, balayer progressivement l'air vicié que contient la voie.

Arrivé au point où il peut établir la circulation de l'air dans les travaux infectés, le mineur, qui connaît les lieux, ayant d'avance combiné la marche de l'opération, bouchera, avec une toile de sauvetage à trou, la galerie par où doivent sortir les mauvais airs, ajustera le bout du boyau au trou de la toile et fera tourner la vis à l'inverse.

A l'instant même, une dépression aura lieu au delà de la toile ; l'air de la galerie assainie, renversant son mouvement, chassera l'air que contiennent les travaux inhabitables jusque là, et les sauveteurs, marchant avec lui, bouchant, avec des toiles ou autrement, les passages nuisibles, ouvrant des passages nécessaires, auront bientôt, lampe en main, parcouru toutes les galeries, jusqu'à la toile de sauvetage à trou.

Lorsque, par suite d'une explosion ou par d'autres causes, la circulation de l'air se trouve obstruée par des éboulements de terrain, la même opération que celle qui s'est faite pour gagner le bout de la première galerie, devra se répéter pour arriver à l'éboulement ; alors, l'on placera la seconde vis sur le courant

d'air établi par la première, afin de pouvoir sauveter en cet endroit.

Lorsqu'une explosion de gaz aura lieu à une taille poussée au bout de la seule galerie qui y conduit l'air, le mur qui sépare cette galerie du kerné par où il s'en retournait, chargé de gaz, est souvent renversé; et, comme le mouvement de l'air n'a plus lieu que jusqu'au point où le mur sépare encore bien la galerie du kerné, il suffit de luter le kerné avec une toile de sauvetage à trou et d'ajouter les boyaux jusqu'à la taille. Ce moyen est de même applicable à toute rupture partielle du kerné, en rajustant, par une suite de boyaux garnie aux extrémités de toiles à trou, les parties de kerné restées débout.

Lorsque, dans la galerie habitable où s'est fait le départ d'une opération ou dans toute autre quelconque, le mouvement de l'air sera trop lent, la seconde vis, si elle n'est pas plus utile ailleurs, sera placée dans cette galerie et aidera le mouvement de l'air, en agissant soit par insufflation, si la résistance au mouvement n'est pas grande, soit en plaçant la toile à trou, si la force gagnée par l'insufflation ne suffit pas.

Nous laissons au mineur le soin d'étendre l'application des éléments de sauvetage que nous venons de lui donner; il s'en servira aussi bien pour écarter le danger d'asphyxie ou de coup de feu que pour sauveter, ces cas arrivant.

F B D E C A

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0mètre.

Bure d'aérage.

Vis Pneumatique.

RAPPORTS

ADRESSÉS A

M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS,

PAR

LA COMMISSION INSTITUÉE A LIÉGE,

POUR L'ESSAI DES LAMPES DE MINES.

PREMIER RAPPORT.

Extrait des procès-verbaux tenus à l'occasion des expériences faites, sur les lampes de sûreté, par la commission instituée par arrêté de M. le ministre de l'intérieur en date du 13 *avril* 1836, *à l'effet de soumettre à des essais comparatifs la lampe modifiée par les sieurs Upton et Roberts et celle de Davy, dont il est généralement fait usage dans les mines à grisou de la Belgique.*

L'appareil adopté par la commission, pour les épreuves, a été monté dans l'usine au gaz de la compagnie liégeoise, qui a permis de disposer temporairement d'un local convenable pour ces expériences. Cet appareil consistait en deux cloches mobiles, l'une de 3240 litres, l'autre de 840 litres de capacité, plongeant chacune dans une cuve à eau.

Ces deux cloches, remplies à volonté de gaz éclairant, de gaz hydrogène ou d'air, étaient disposées de manière à envoyer le gaz par des tuyaux séparés, réunis seulement vers la sortie,

dans une caisse oblongue où se plaçaient les lampes soumises à l'examen.

Le dessin joint à cette note explique suffisamment ces dispositions, et fait comprendre 1° comment on a pu faire varier l'intensité et la composition des courants amenés sur les lampes ; 2° comment on pouvait observer tous les phénomènes que présentaient ces dernières ; on aurait pu même , à la rigueur, évaluer les proportions des mélanges envoyés en tenant compte de la descente des cloches ; mais on a reconnu , dès le principe, que cet élément, purement théorique , était sans intérêt, attendu que l'on ignorera toujours dans quelles proportions se modifient les mélanges d'air et de gaz inflammables qui circulent dans les mines, et que l'essentiel était de mettre, autant que possible , les diverses lampes dans des circonstances analogues à celles où elles se trouvent dans ces mines.

L'appareil monté dans les premiers jours du mois d'août 1838, fut d'abord essayé sous le rapport de la régularité et de la sécurité qu'il offrait en cas d'explosion.

20 *août* 1838. — La commission procède aux épreuves ci-après :

1° Une chandelle placée dans la caisse a donné lieu , à trois reprises différentes, à l'inflammation très-prompte du gaz hydrogène carboné et à des explosions d'autant plus prononcées , que le mélange d'air et de gaz s'était opéré plus complétement.

2° Une lampe de Davy ordinaire, telle qu'on les emploie dans les mines des environs de Liége , a été placée dans la caisse-galerie où elle a parfaitement résisté à toutes les épreuves qu'on lui a fait subir.

Cette lampe , disposée d'abord verticalement , puis inclinée sous différents angles , a présenté tous les caractères de la présence du gaz plus ou moins abondant : allongement de la flamme ; extinction apparente de la mèche et combustion tranquille du gaz , à l'intérieur du cylindre métallique ; flamme bleuâtre remplissant ce cylindre ; petites explosions intérieures ; extinction complète , quand la proportion du gaz augmentait ;

quand, au contraire, l'air affluait en quantité suffisante pour entretenir la combustion prolongée du gaz, dans toute l'étendue du cylindre, celui-ci rougissait peu à peu ; quand l'air dominait, la mèche reparaissait allumée et donnant une flamme vive et allongée ; mais, dans aucun cas, dans aucune position, le feu n'est sorti de la lampe ;

3° Des défauts furent ensuite pratiqués, à dessein, dans la toile métallique.

A six et huit centimètres au-dessus de la mèche, on réunit d'abord deux mailles, puis quatre ; on transforma ces défauts en trous ronds de trois jusque cinq millimètres d'ouvertures ; un trou semblable fut aussi pratiqué dans la calotte de cuivre dont la toile est surmontée ; tout cela n'a pas suffi pour que la combustion passât de l'intérieur à l'extérieur de la lampe.

Tout ce que l'on put remarquer, c'est que la présence de ces défauts amenait une perturbation dans les allures ordinaires de la lampe.

La flamme, en général, était moins fixe et semblait tournoyer dans le cylindre métallique ; elle était moins éclairante ; enfin, lorsque le gaz abondait, l'extinction n'était plus apparente, mais définitive et toujours plus prompte que dans une bonne lampe.

31 *août* 1838. — Les mêmes expériences ont été répétées et ont conduit aux mêmes résultats ; seulement, on observa, à deux reprises, une pointe de flamme sortant par l'un des trous jusqu'à $\frac{1}{2}$ centimètre de distance du réseau métallique, et s'éteignant aussitôt, comme si elle était refoulée à l'intérieur par le courant d'air appelé sur la mèche par la combustion, mais plus probablement parce qu'elle se trouvait étouffée par une forte proportion d'acide carbonique résultant de cette combustion et lancée au dehors par le trou qui avait livré passage à ces jets de flamme.

2 *juillet* 1839. — La commission renouvelle les essais précédents et reconnaît que, tandis qu'un trou de cinq millimètres, placé vers le haut du cylindre métallique, n'altérait point ses

propriétés préservatrices, dans les circonstances où l'on opérait, c'est-à-dire lorsque la lampe est en repos et que le courant d'air est horizontal ou montant, il suffisait d'un défaut de moins de deux millimètres d'ouverture pratiqué à peu près à la hauteur de la mèche, pour que l'explosion eût lieu.

On constate également que l'explosion est singulièrement favorisée, lorsque le courant de gaz ou de mélange détonant se dirige sur la mèche.

Tous ces essais ont eu lieu avec du gaz éclairant obtenu par la distillation de la houille, sur des lampes dont la toile présentait 144 mailles, par centimètre carré, savoir : épaisseur des fils $\frac{28}{100}$ de millimètre ; largeur des trous $\frac{56}{100}$ de millimètre, ce qui fait $\frac{5}{9}$ plein et $\frac{4}{9}$ vide.

Ces lampes en bon état ont été trouvées également sûres en employant le gaz plus léger et moins éclairant provenant d'une fin de distillation.

10 *juillet* 1839. — La petite cloche a été remplie d'hydrogène pur.

La lampe ordinaire, placée dans la chambre d'essai, à l'abri du courant, a résisté pendant cinq minutes ; elle s'éteignait en apparence et se rallumait successivement, et présentait, à peu de chose près, les mêmes phénomènes qu'avec le gaz hydrogène carboné; mais, exposée ensuite au courant, à 8 centimètres, puis à 15 centimètres, et enfin à 30 centimètres de la sortie de l'hydrogène, elle a chaque fois donné lieu à une explosion assez forte, au bout de quelques secondes.

La lampe Upton et Roberts, placée dans les mêmes circonstances, autant que le permet sa construction qui abrite la mèche d'un courant direct, a parfaitement résisté. On entendait et on voyait directement de petites explosions, à l'intérieur de l'enveloppe, mais elles ne se sont jamais propagées au dehors.

On a opéré ensuite des mélanges par moitié, puis par un quart, d'hydrogène carboné éclairant et d'hydrogène pur. La lampe ordinaire a été trouvée de sûreté dans son exposition à

ces mélanges ; toutefois les explosions intérieures étaient vives et multipliées.

17 *juillet* 1839. — La lampe Upton, dépouillée de son cylindre en cristal et exposée à l'action de l'hydrogène carboné mélangé à l'air, a, deux fois de suite, déterminé des explosions.

En vue sans doute de ménager l'éclat de la lumière, le réseau métallique qui entoure la mèche de ces lampes, n'offre que 100 mailles, par centimètre carré, et les fils sont assez minces pour qu'il y ait $\frac{9}{16}$ de vide et seulement $\frac{7}{16}$ de plein. Les ouvertures sont donc environ le double de celles de nos toiles ordinaires et le quadruple de celles du double disque inférieur, à travers lequel l'air est admis dans ces lampes, vu que ces disques offrent 256 ouvertures, par centimètre carré, et seulement $\frac{9}{25}$ de vide sur $\frac{16}{25}$ de plein.

La même lampe, munie de son cristal, mais privée de la toile métallique, s'est éteinte trois fois, par de petites explosions intérieures, dans un courant d'hydrogène carboné et d'air, sans que la combustion se soit communiquée au dehors.

18 *juillet* 1839. — 1° Lampe Upton, sans cristal, à 25 centimètres du jet, dans le courant d'hydrogène carboné et d'air, n'a pas donné d'explosion. C'est une anomalie avec les observations de la veille. La commission l'attribue à une variation dans les proportions des mélanges qui ont pu se former, ou dans la composition du gaz éclairant ;

2° La même, sans toile métallique, mais munie de son cristal. — Même mélange. Petite explosion intérieure et extinction ;

3° Lampe de Davy de plus grandes dimensions destinée à l'éclairage des chargeages. Pas d'explosion ;

4° Lampe de Davy, avec mélange d'hydrogène pur et d'air. Explosion;

5° Lampe Upton, dans son état normal, même épreuve : elle résiste longtemps, puis s'éteint ;

6° Lampe ayant beaucoup d'analogie avec cette dernière, imaginée, en 1829, par le sous-ingénieur Mueseler, et pour laquelle il a pris, à cette époque, un brevet de perfectionnement ; elle

résiste à toutes les épreuves et a, sur la lampe anglaise, l'avantage d'éclairer mieux et d'être moins sujette à manquer d'air, par l'obstruction de mailles de la toile, par où il est admis dans la lampe; par contre, elle est encore plus volumineuse, plus pesante et d'un usage plus incommode que celle-ci : c'est pour quoi M. Mueseler a, dès le principe, renoncé à l'idée d'en propager l'emploi dans les mines;

7° Lampe à double enveloppe métallique, imaginée par le même Mueseler et à laquelle il accordait une grande confiance. Explosion dans le mélange d'hydrogène pur et d'air;

Les lampes *soleil de nuit* de M. Cambrésy, de Liége, munies de toiles métalliques, n'ont pas donné d'explosion, à l'intérieur, avec l'hydrogène carboné, et se sont éteintes, par l'effet des premières détonations intérieures; mais, avec l'hydrogène pur, elles ont communiqué promptement l'explosion au dehors.

2 *août* 1839. — La lampe de Davy est essayée dans un courant d'air et d'hydrogène carboné préparé depuis 15 jours; elle résiste aussi bien que dans du gaz nouvellement fait.

21 *septembre* 1839. — On expose, de nouveau, à un courant d'hydrogène pur et d'air, la lampe de Davy ordinaire, puis avec toile métallique plus serrée présentant 215 mailles, au lieu de 144, au centimètre carré; et, chaque fois, on détermine l'explosion.

La lampe de l'invention de M. le baron Eugène Dumesnil, soumise à la même épreuve, fait entendre, quand l'hydrogène abonde, un son de cornemuse qui justifie ce mot de l'auteur, que sa lampe crie, dans le danger.

Ainsi qu'on devait s'y attendre, la même lampe a également résisté et présente les mêmes phénomènes, avec l'hydrogène carboné.

12 *décembre* 1839. — La lampe Dumesnil a encore résisté à l'action de l'hydrogène carboné, lorsque l'on remplaça les toiles en cuivre des becs à air, et qui ont environ 400 mailles, par centimètre carré, par d'autres en fer de 144, de même en cuivre de 126 mailles, au centimètre carré; tandis que des toiles en fer de 215 mailles, au centimètre, n'ont plus suffi pour qu'elle

fût de sûreté, avec l'hydrogène pur. (Il est resté quelque doute à la commission sur la question de savoir si l'explosion avait lieu, dans ce cas, par retour du gaz inflammable contre le courant et à travers les mailles de la toile, ou bien si elle provenait de ce que, l'air et le gaz affluant plus abondamment dans la lampe, la combustion pouvait se porter et s'entretenir assez haut dans la cheminée pour se communiquer, par la partie supérieure, au gaz ambiant. Ce point pourra être éclairci ultérieurement, en n'employant qu'un bec à air muni d'une toile de 215 ou même de 144 mailles au centimètre, donnant l'une et l'autre assez d'air pour entretenir la combustion régulière de la mèche, mais pas assez sans doute pour porter celle du gaz jusqu'au haut de la cheminée.)

Séances des 13 *décembre et* 27 *décembre* 1839 *et* 24 *avril* 1840. — La commission, résumant ses travaux et puisant sa conviction tant dans les résultats des épreuves susmentionnées que dans les enseignements d'une longue pratique des travaux de mines, et dans la variété des phénomènes que présentent les nombreux coups de feu qui frappent journellement l'exploitation de la houille, s'arrête aux conclusions ci-après :

En ce qui concerne la lampe ordinaire de Davy : Que, si cette lampe, en *bon état* ou présentant même *certains défauts,* a résisté à l'action du gaz éclairant extrait de la houille, il ne faut point en conclure qu'elle *doive être toujours* de sûreté dans les mines. En effet, on voit cette lampe faire défaut, au bout de quelques secondes de son exposition à un courant d'hydrogène pur et d'air, même lorsqu'elle est munie d'une double enveloppe métallique, ou d'une enveloppe plus serrée que celles en usage, qui ne laissent déjà échapper qu'une lumière à peine suffisante pour les travaux; or rien ne prouve que ce gaz, ou quelque autre aussi aisément inflammable, ne puisse se dégager accidentellement dans les houillères ; il est même permis de le croire, à en juger par la différence d'aspect qu'offre la lampe aux prises, d'une part avec le gaz éclairant employé dans les essais, et, d'autre part, avec certains gaz inflammables qui cir-

culent çà et là dans les mines, et dont l'action sur la flamme se rapproche beaucoup plus de l'hydrogène pur; enfin, l'exemple bien constaté de plusieurs coups de feu provoqués par des lampes en bon état et maniées avec prudence, est bien fait pour entretenir au moins des doutes à cet égard. Considérant d'ailleurs que, même dans le gaz éclairant, l'action d'un courant d'air rapide peut enlever à cette lampe tous ses avantages; considérant que ce courant peut être le résultat, soit de la négligence avec laquelle on transporte habituellement les lampes, soit de la frayeur qui porterait un ouvrier à se soustraire au danger, par une fuite précipitée, en soufflant sur sa lampe pour l'éteindre, ou en la jetant loin de lui, soit par une perturbation accidentelle dans l'aérage, ou par toute autre cause; la commission n'a besoin de se représenter ni combien sont minutieux les soins que réclament la construction et l'entretien des lampes pour que, dans toutes celles qui se démontent, se remontent et se distribuent, à plusieurs reprises, dans la journée, il ne s'en glisse pas une seule défectueuse, ni combien sont nombreuses les chances de dégradations inaperçues auxquelles sont exposées ces lampes confiées aux mains de tous les mineurs sans distinction, pour signaler cet appareil comme laissant encore beaucoup à désirer, sous le rapport de la sûreté des travaux.

En ce qui concerne la lampe Upton et Roberts, dont l'invention a provoqué les travaux de la commission, et qui devait surtout faire l'objet de son examen, la commission a reconnu :

Qu'elle est de sûreté, en toutes circonstances, dans son état normal, puisqu'elle résiste à l'hydrogène pur et que sa construction est telle que la toile métallique est complétement garantie de l'action des courants d'air, et que, vu la difficulté de l'accès de l'air ambiant, la combustion du gaz ou de la mèche ne peut y devenir assez active pour porter la toile métallique à une température inquiétante; qu'elle serait encore de sûreté, au même degré que celle de Davy, lorsqu'un accident quel-

conque viendrait à la priver de l'enveloppe de cristal qui entoure la partie inférieure de la cloche métallique, si ce tissu était aussi serré que celui de nos lampes ordinaires, et qu'elle a sur celles-ci l'avantage de ne pouvoir être dégradée, à l'insu de ceux qui s'en servent.

Que, nonobstant sa complication, son poids, son volume, son prix élevé (confectionnée dans nos ateliers avec toute l'économie possible, elle coûterait au moins le quadruple de nos lampes de Davy) et même la fragilité du cristal, cette lampe devrait être préférée à celle de Davy, dans toutes les mines dangereuses, si elle n'avait le grave inconvénient de s'éteindre, faute d'oxygène, aussitôt qu'un peu d'huile s'est répandue sur les disques métalliques par lesquels l'air est admis dans la lampe ou qu'un peu de poussière est venue en obstruer les mailles; or, ce défaut a été constaté successivement sur trois lampes de cette espèce reçues des inventeurs, et il serait difficile qu'il en fût autrement, car les trous de la galerie et les disques établis au niveau de l'orifice du réservoir d'huile, sont exposés à s'encrasser, au moindre épanchement. La commission a d'ailleurs pu observer que, quand le gaz inflammable est mélangé en proportion notable à l'air, l'huile du réservoir ou du moins du porte-mèche entre en ébullition et éclabousse les toiles, sans même que la lampe soit inclinée; ce dernier phénomène tient vraisemblablement à ce que le gaz brûle depuis son entrée par les disques jusqu'à la mèche, et produit une chaleur considérable, dans toute cette partie de la lampe.

En résumé, cette lampe devrait recevoir encore des perfectionnements importants, pour que la commission se crût autorisée à en proposer la substitution à celle qui est en usage dans nos mines à grisou.

Quant à la lampe inventée, en 1829, par M. Mueseler, et qui a tant de rapports avec la précédente, elle n'a point, comme celle-ci, l'inconvénient de languir et de s'éteindre, faute d'alimentation; mais son usage, outre qu'il serait fort incommode, vu le poids et le volume de l'appareil, exigerait des

soins qu'on ne peut attendre des ouvriers mineurs, en général.

La commission ne voit donc, dans aucun de ces appareils, une ressource immédiate pour remplacer la lampe de Davy.

Enfin, en ce qui concerne la lampe *Dumesnil*, la commission n'hésite point à déclarer qu'elle entrevoit, dans les détails de sa construction, de puissants motifs pour lui accorder la préférence sur les autres appareils essayés jusqu'ici.

Cette lampe qui, dans son état normal, est de sûreté, même en présence de l'hydrogène pur, qui n'a rien à redouter de la direction ou de l'intensité des courants d'air, a sur toutes les autres l'avantage précieux de répandre une grande clarté. L'examen minutieux, auquel elle a été soumise par la commission, a néanmoins conduit à reconnaître la nécessité d'y apporter plusieurs modifications indispensables à la facilité et à la sûreté de son usage. Les modifications proposées par M. Devaux consistent :

1° A mettre une double enveloppe en cristal pour éloigner les chances d'avaries du cristal préservateur, en le garantissant des chocs et surtout de la chûte de l'eau qui pourrait le fendiller, quand il est échauffé à certain degré ;

2° A redresser les tiges composant l'armature, de manière à permettre de serrer aussi étroitement qu'on le veut le cristal préservateur entre les garnitures;

3° A remplacer par une seule vis les trois vis qui servent à fermer la lampe ; ce qui simplifie le montage et le démontage, tout en assurant la régularité de la compression du cristal entre les deux plateaux;

4° A assujettir les toiles métalliques en cuivre qui couronnent les becs à air entre deux plateaux aussi en cuivre, bien dressés et réunis au moyen de deux petits écrous, afin d'éviter la déformation irrégulière des toiles métalliques et d'empêcher qu'elles puissent être déplacées pendant le travail.

Ces plateaux doivent offrir chacun une ouverture de 19 millimètres de long sur 6 millimètres de large, par laquelle

l'air est porté vers la naissance de la flamme; les toiles métalliques employées peuvent offrir environ 500 mailles, par centimètre carré;

5° A masquer l'ouverture inférieure des becs à air par un coude en fer blanc, pour ôter à l'ouvrier toute idée d'approcher un corps combustible de la flamme et toute possibilité de dégrader volontairement ou involontairement les toiles métalliques, par l'introduction d'un corps dur;

6° A ajouter, au moyen de fermeture à clef, tel qu'un petit cadenas, une vis de pression ou tout autre mode à déterminer.

Dans cet état, la lampe *Dumesnil* paraît laisser peu de chose *à désirer, sous le rapport des garanties qu'elle offre au mineur;* les toiles métalliques sont dans une situation *qui les met à l'abri de toute détérioration accidentelle;* le cristal préservateur, surabondamment garanti par sa double enveloppe, ne peut être avarié, à l'insu de celui qui en fait usage; et, de plus, un choc, qui serait capable d'amener ce résultat, aurait pour effet infaillible d'éteindre la lampe.

La commission conçoit néanmoins que cet appareil, confié aux mains de tous les ouvriers mineurs, sans distinction, puisse, comme les autres, subir isolément des dégradations qui lui enlèveraient ses propriétés préservatrices; elle reconnaît d'ailleurs que son poids et surtout son volume en font moins un appareil d'éclairage portatif, qu'un moyen de faciliter dans les mines l'introduction d'un système d'éclairage fixe, système auquel il est éminemment propre et qui, confié aux soins particuliers d'hommes spéciaux exclusivement chargés du placement et du maniement des lampes, offrirait infiniment plus de garanties contre les coups de feu.

Toutefois, avant de se prononcer définitivement sur le mérite de cette innovation, la commission croit prudent d'interroger l'expérience à ce sujet; elle admet en conséquence, à l'unanimité, l'opportunité de distribuer une douzaine de ces lampes dans nos mines à grisou et de les y confier aux soins de

mineurs intelligents et exempts de toute prévention, afin de les soumettre aux épreuves de la pratique, seul moyen d'apprécier à leur juste valeur, les services qu'on peut en attendre, ainsi que les modifications qu'il pourrait être utile d'y apporter encore.

Liége, le 25 avril 1840.

Les membres de la commission,

(Signé) A. DEVAUX.
C. DELVAUX.
J. J. ORBAN.

Est signé à la minute,

J. GERNAERT, *ingénieur des mines.*

Pour copie conforme :

Le secrétaire général du ministère des travaux publics,

DE BAVAY.

SECOND RAPPORT.

MONSIEUR LE MINISTRE,

La commission instituée à Liége, pour l'examen des lampes de sûreté, ayant continué ses travaux, postérieurement au 25 avril dernier, date de son premier rapport, le moment lui paraît venu de vous adresser de nouveaux détails sur les résultats auxquels elle a été conduite.

Les séances des 27, 29 et 30 mai dernier, et celle du 15 juin suivant, ont été surtout consacrées à de nouvelles expériences, tendant à établir le degré d'utilité des différentes parties qui composent la lampe *Dumesnil.*

En conséquence, cette lampe a été essayée, successivement et à plusieurs reprises, avec l'hydrogène carboné et même avec l'hydrogène :

Premièrement, dans ses dimensions ordinaires, mais privée du chapeau sphérique qui recouvre la cheminée ;

Secondement, avec une cheminée plus courte, surmontant le plateau supérieur de $0^{m}15$ seulement, au lieu de $0^{m}23$;

Dans aucun de ces cas, la lampe n'a fait défaut.

Pendant tout ce temps, et ainsi qu'il avait été réglé dans la séance du 24 avril, la lampe *Dumesnil* était soumise, dans plusieurs mines, aux épreuves de la pratique, afin de constater les avantages et les inconvénients de son usage journalier, comparativement à la lampe de Davy ordinaire. Ces essais ont confirmé la commission dans l'opinion que cette lampe peut être très-avantageusement employée, dans certaines parties des travaux de nos mines à grisou, et notamment partout où un système d'éclairage fixe serait applicable. Exempte de tout danger, quand elle a été confectionnée avec soin, elle répand une clarté comparable à celle de trois lampes de Davy, tout en ne consommant pas beaucoup plus qu'une de celle-ci; elle brûle et éclaire parfaitement, pendant huit et même dix heures, sans autre soin que de remonter la mèche, deux ou trois fois, pendant cette durée; la poussière du charbon, qui est souvent très-abondante dans les mines, ne l'empêche point de fonctionner.

La commission est fondée toutefois à insister sur la nécessité d'une confection soignée, attendu que, dans le nombre de lampes de cette espèce qu'elle a soumises aux épreuves, il s'en est trouvé une qui, à plusieurs reprises, a fait défaut en présence de l'hydrogène.

La cause de cette anomalie a d'ailleurs été facile à saisir : le défaut de cette lampe, qui provenait d'un manque de soin, de la part de l'ouvrier chargé de la fabrication, consistait en ce que la tige du porte-mèche avait trop de jeu, dans le trou qui lui livre passage, à travers le plateau inférieur; et, bien que ce défaut, auquel il a été porté immédiatement remède sans difficulté, n'ait point suffi pour altérer le pouvoir préservateur de la lampe, avec le gaz éclairant, ce fait seul prouve combien il importe d'entourer la fabrication de ces lampes des soins les plus minutieux.

La commission reconnaît d'ailleurs que le poids et le volume de cet appareil constituent, sinon un obstacle, du moins une grande difficulté à ce que son usage soit généralement substitué à celui des lampes de Davy, vu la gêne qu'il occasionnerait

à l'ouvrier, obligé de le transporter fréquemment avec lui, et notamment la presqu'impossibilité de s'en servir, en descendant ou en remontant par les échelles.

En conséquence, aussi longtemps que l'on ne pourra faire participer toutes les parties d'une mine en exploitation aux avantages d'un système d'éclairage fixe, aussi longtemps que la lampe *Dumesnil* n'aura pas été notablement réduite dans ses dimensions, l'usage de cet appareil ne pourra être que local, dans le service ordinaire de nos mines (1).

Tandis que la commission continuait son étude comparative des diverses lampes imaginées jusqu'à ce jour, le sieur Lemielle, auteur d'un des mémoires jugés, par l'académie de Bruxelles, dignes d'être livrés à la publicité, remit à l'un de nous la lampe de son invention, dont il est parlé dans le mémoire précité.

Cette lampe a un réservoir d'huile à niveau constant. Un verre mince, serré étroitement à l'intérieur du cylindre métallique, garantit la flamme contre l'action des courants d'air, et détermine un tirage favorable à l'intensité de la lumière. L'air qui alimente la combustion est admis inférieurement à travers plusieurs disques de toile métallique, et les produits de cette combustion s'échappent à la partie supérieure à travers un triple ou quadruple cylindre métallique.

Quelques observations ayant été faites à M. Lemielle, sur des imperfections que présentait cet appareil, il s'attacha à les faire disparaître, dans une autre lampe du même système, qui fut soumise aux épreuves par la commission, dans sa séance du 10 juillet.

Exposée à un mélange d'hydrogène pur et d'air, cette lampe, nonobstant le triple disque de sa base, a donné, au bout de quel-

(1) Une lampe *Dumesnil*, légèrement modifiée et réduite approximativement aux dimensions de la lampe de sûreté ordinaire, a été mise sous les yeux de la commission, par le ferblantier qui a confectionné les premières lampes du même système. La commission se propose de la soumettre ultérieurement à une étude spéciale et approfondie.



ques secondes, une forte détonation. La commission, voulant s'assurer de l'influence que les dimensions de l'espace situé au-dessous de la flamme, entre le fond de la lampe et les toiles métalliques servant à l'introduction de l'air, pouvaient exercer, tant sur le fait de l'explosion que sur l'intensité de la détonation, on a rempli cette capacité, aux ½ environ, avec du sable fin. Dans cet état, la lampe n'en a pas moins communiqué le feu à l'extérieur. On n'a plus eu, il est vrai, de forte détonation, mais on a pu observer distinctement l'hydrogène en feu, au dehors de la lampe, produisant, sur une hauteur de $0^{m}15$ environ, une flamme ondoyante, prenant sa naissance sur presque tous les points des disques métalliques inférieurs.

Ainsi qu'il était facile de le prévoir, cette lampe a été trouvée rigoureusement de sûreté, en présence de l'hydrogène carboné ou gaz éclairant extrait de la houille.

Quant à la manière dont elle s'est comportée, en présence de l'hydrogène pur, elle n'a rien de surprenant pour la commission, qui, ayant reconnu, en maintes circonstances, qu'une double enveloppe de toile métallique à mailles ordinaires (121 à 144, au centimètre carré), n'empêchait point l'inflammation de l'hydrogène à l'extérieur, devait s'attendre à ce que les trois disques de même toile employés par M. Lemielle, ne fussent point non plus suffisants pour empêcher cette communication. Aussi n'a-t-elle point hésité à conseiller à M. Lemielle de faire usage, pour un ou plusieurs de ces disques, d'une toile métallique plus serrée. C'est ce qu'il fit en se servant de la toile employée sur l'orifice des tubes adducteurs de l'air de la lampe *Dumesnil,* toile dont la commission lui remit un morceau et qui présente 441 mailles, au centimètre carré. A l'aide de cet auxiliaire, la lampe du sieur Lemielle a parfaitement résisté à l'action de *l'hydrogène* et de *l'air,* dans toutes les épreuves auxquelles elle a été soumise, dans la séance du 11 juillet. Dans cet état, cette lampe a donné lieu à une suite de petites explosions, à l'intérieur du cylindre, sans que le feu se soit propagé au dehors et sans éteindre la mèche.

La commission, résumant les observations auxquelles elle a été conduite par l'étude et l'épreuve de cette lampe, se croit fondée à dire :

1° Que la lampe de M. Lemielle, munie des perfectionnements qu'il y a apportés, à la suite des observations de la commission et des épreuves auxquelles elle a été soumise, doit être de sûreté, dans toutes les circonstances ordinaires de l'exploitation des mines ;

2° Qu'elle est d'une solidité remarquable, ce qui a été suffisamment constaté, en la faisant tomber, à plusieurs reprises, d'une hauteur de quatre à cinq mètres, sans qu'il en résulte aucune détérioration ;

3° Que, dans son état normal, elle répand une lumière dont l'intensité pourrait être évaluée à une fois et demie celle de la lampe de Davy ordinaire ;

4° Que, sous ce rapport et sous celui de l'exiguité de son volume, elle serait d'un usage agréable et facile pour les mineurs, mais qu'elle réclame encore quelques perfectionnements pour abréger le temps nécessaire au nettoiement complet du triple disque métallique et des autres parties qui la composent, et qu'il est à craindre que les avantages de l'emploi journalier de cette lampe ne soient singulièrement altérés par la difficulté de se débarrasser, pendant le travail, de la poussière de charbon qui viendrait se déposer entre le verre et le cylindre de toile métallique.

En un mot, on doit reconnaître que l'auteur de cet appareil a saisi les principaux défauts que présente la lampe de Davy, qu'il a employé, pour y remédier, des moyens ingénieux, et que ces moyens ne laisseraient vraisemblablement rien à désirer, s'il avait eu une connaissance plus intime de toutes les circonstances qu'offre l'exploitation des mines, et des soins journaliers que comporte l'éclairage.

La commission se disposait à clore cette seconde partie de son travail, lorsque M. le sous-ingénieur Mueseler a appelé son attention sur une nouvelle espèce de lampe de son invention.

Ce fonctionnaire, aiguillonné par toutes les tentatives récentes de perfectionnement des moyens d'éclairage de nos mines, et par la considération de l'importance que le gouvernement attachait aux résultats de cette lutte, s'étant remis, avec plus d'ardeur que jamais, à la recherche d'une bonne lampe, est arrivé, par degrés, à celle dont le dessin est ci-annexé.

Cette lampe, étudiée d'abord isolément par tous les membres de la commission, a ensuite été soumise par celle-ci aux essais les plus rigoureux, dans sa séance du 18 de ce mois. Elle a soutenu les épreuves de la manière la plus satisfaisante, et a été *unanimement considérée comme réunissant, à un plus haut degré que toutes celles essayées jusqu'ici, les conditions essentielles d'une bonne lampe de sûreté.* La commission a vu un perfectionnement d'une grande portée dans la disposition qui consiste à faire arriver, par le haut, et non par le bas, l'air destiné à la combustion de la mèche, et à combiner les choses de telle sorte que, lorsque l'air contient une quantité de gaz inflammable capable de faire craindre une explosion, et par conséquent d'activer momentanément la combustion outre mesure, le premier effet de cette activité extraordinaire soit d'altérer cette composition dangereuse de l'air entrant, en y mêlant, dans une proportion notable, une partie des gaz brûlés; ce qui non-seulement rend impossible toute déflagration, mais contribue encore à la prompte extinction des parties en ignition.

On conçoit, en effet, qu'une telle lampe doit avoir, sur les autres, dans lesquelles l'air entrant n'est ni gêné ni altéré par l'air sortant, l'avantage de refuser l'éclairage, lorsque l'air qui circule dans les travaux est de nature explosive; et il est plus que probable qu'elle conserverait cet avantage, quoique, à un moindre degré, dans le cas où cet air serait sensiblement vicié par la présence de gaz non combustibles.

La simplicité de cette lampe, sa forme et ses dimensions, qui s'écartent peu de celles de la lampe de Davy, la propriété d'éclairer à peu près au double de celle-ci, ne laissent aucun doute sur la faveur avec laquelle elle sera accueillie dans nos mines.

Il ne sera pas sans intérêt de dire que les phénomènes, observés dans les diverses épreuves auxquelles cette lampe a été soumise, ont achevé de convaincre la commission que, lorsque l'explosion a lieu, avec l'un des appareils d'éclairage, quel qu'il soit, connus jusqu'à ce jour, c'est « en retour, contre le cou-
» rant d'air arrivant, que l'inflammation se propage depuis la
» mèche jusqu'à l'air ambiant, et jamais à l'aval de la flamme,
» où l'air, altéré dans sa composition par le mélange des pro-
» duits de la combustion, cesse d'être explosif. »

Déjà il avait été constaté qu'un trou, même assez large, pratiqué dans la partie supérieure de la toile métallique, dans la lampe de Davy, n'était point une cause d'explosion.

L'ouverture libre, par laquelle se termine supérieurement la cheminée de la lampe *Dumesnil,* n'a jamais provoqué d'explosion, lors même que cette cheminée a été réduite à 0^m15 au lieu de 0^m23, tandis que le moindre défaut, à la partie inférieure, c'est-à-dire en amont du courant d'air entrant, a amené une explosion.

Mais le fait le plus concluant, en faveur de l'explication ci-dessus, est celui qu'a présenté la lampe *Mueseler,* « d'être de
» sûreté, dans un mélange d'hydrogène pur et d'air, lors même
» qu'elle était privée de son cylindre métallique; » ce qui ne peut s'expliquer que par l'épanchement d'une fraction des produits de la combustion, autour de la partie inférieure de la cheminée; épanchement qui aurait suffi pour rendre inexplosif le mélange d'air et d'hydrogène arrivant sur la mèche.

La commission croit devoir conclure, des diverses observations qui précèdent, que l'industrie pourrait tirer un grand avantage de l'introduction, dans les travaux, des lampes imaginées par les sieurs *Dumesnil, Lemielle* et *Mueseler,* et qu'il serait à désirer que le gouvernement ne tardât point à accorder cette tolérance, sous la réserve expresse que, comme cela se pratique, ou doit se pratiquer à l'égard des lampes de Davy, aucun de ces nouveaux appareils ne puisse être employé dans les travaux, s'il n'est, en tout, conforme aux modèles qui en se-

ront déposés dans les bureaux des ingénieurs des mines, et qu'après que ceux-ci ou leurs délégués, s'étant assurés de cette identité, l'auront constatée par le poinçonnage.

La commission considère cette tolérance comme une mesure transitoire, éminemment propre à faire décider, par la pratique, auquel des appareils de ce genre il y a lieu d'accorder définitivement la préférence, et quel est celui dont il conviendra peut-être ultérieurement de prescrire exclusivement l'usage.

Il est aisé de juger, par l'éloge qui précède, que, si la commission devait se prononcer aujourd'hui, à ce sujet, elle ne balancerait point à donner la palme à la lampe *Mueseler;* mais elle trouve plus sage et plus convenable, sous tous les rapports, de faire intervenir la pratique dans la solution de cette grave question, et croit devoir se borner ici, Monsieur le Ministre, à signaler au gouvernement l'utilité de la découverte de ce fonctionnaire zélé, et à provoquer, en sa faveur, une récompense proportionnée à l'importance du résultat de ses travaux, et à l'étendue des sacrifices qu'il a dû s'imposer pour pourvoir, avec persévérance, à toutes les dépenses de cette entreprise philanthropique.

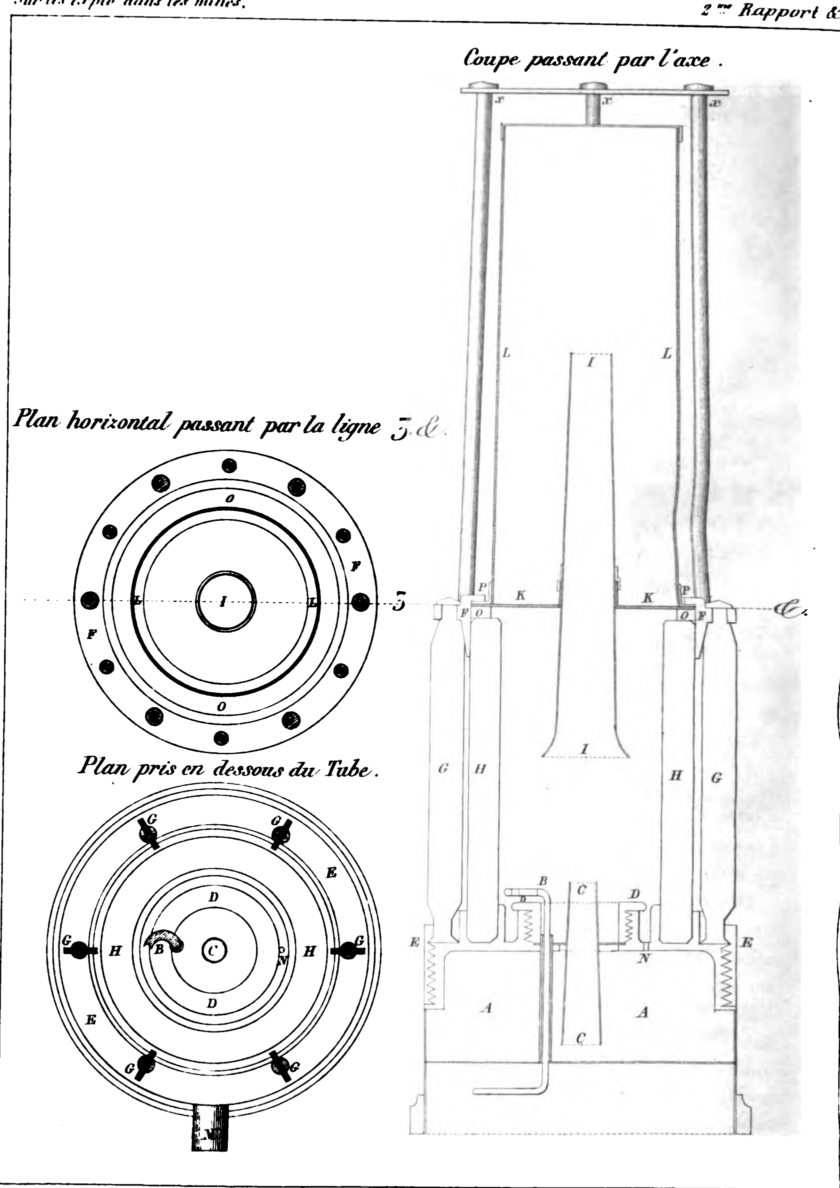
Liége, le 31 août 1840.

Les membres de la commission,

(Signé) A. Devaux.
J.-J. Orban.
C. Wellekens.
J. Gernaert.

Est signé à la minute :

Delvaux, *professeur émérite.*



Plans et coupe d'une lampe de houilleur, inventée par M.r M.-L. Mueseler, sous-ingénieur des mines.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

REPRÉSENTANT LA LAMPE DE HOUILLEUR INVENTÉE PAR M. M.-L. MUESELER, SOUS-INGÉNIEUR DES MINES.

A Réservoir à l'huile.

B Mouchette établie dans un tuyau traversant ce réservoir.

C Porte-mèche, maintenu dans sa position, au moyen de la bague à vis *D*, qui ferme en même temps le réservoir à l'huile.

E Cercle en cuivre ayant à l'intérieur le même filet de vis que celui du plateau supérieur du réservoir à l'huile.

F Cercle en cuivre fixé au cercle *E*, au moyen des six montants *G*, qui sont rivés à leurs extrémités. Ces montants sont aplatis de manière à laisser passer la plus grande quantité de lumière possible, sans rien diminuer de la solidité de l'assemblage. Étant polis ou recouverts d'un métal poli, ils ont encore l'avantage de pouvoir réfléchir la lumière. A ce cercle se trouvent rivés six autres montants *X* destinés à abriter le cylindre de toile métallique *L*.

H Cylindre en verre à travers lequel passe la lumière.

I Cheminée servant à conduire les gaz résultant de la combustion, et à les tenir séparés de l'air entrant dans la lampe. Cette cheminée est attachée, au moyen de rivets, à une rondelle de toile métallique *K*, et celle-ci se trouve fixée à un cercle en fer *O*, qui vient s'asseoir sur le plan supérieur du cylindre en verre *H*.

L Cylindre de toile métallique, recouvert d'un chapeau en cuivre rouge, percé de plusieurs trous, et ayant, à sa partie inférieure, un cercle à collet en cuivre rouge *P*, attaché au moyen de rivets. Ce cercle est, comme on voit, superposé à celui de la rondelle *K*.

M Cylindre soudé au cercle *E* contenant la vis à tête carrée qui sert à fermer la lampe.

En tournant le cercle *E*, on presse contre le plan supérieur du cylindre en verre, d'abord le cercle en fer *O* qui est attaché à sa rondelle *K*, et ensuite le collet du cercle en cuivre rouge qui est fixé au cylindre de toile métallique *L*; par ce mouvement, on ferme la lampe de manière qu'il n'y a plus de communication avec l'air extérieur qu'à travers des toiles métalliques.

N Trou destiné à laisser entrer, dans le réservoir *A*, l'air qui remplace l'huile consumée.

L'air descend, pour arriver à la mèche, en passant à travers deux toiles métalliques disposées perpendiculairement l'une à l'autre (la partie du cylindre *L* qui se trouve en dessous du débouché de la cheminée *I* et la rondelle *K*); et, après avoir alimenté la flamme, il s'élève par la cheminée *I*, et ne parvient à l'extérieur qu'après avoir traversé la partie du cylindre de toile métallique *L* qui se trouve en dessus de cette cheminée.

Par cette disposition, lorsque le gaz inflammable devient abondant, la flamme de la mèche s'allonge, et bientôt il se dégage une plus grande quantité de fumée, de gaz azote et d'acide carbonique, qui, n'ayant pas assez d'issue pour s'échapper, à travers la portion de toile métallique située en dessus du débouché du tube *I*, est obligée de descendre en dessous et se trouve alors entraînée dans le courant d'air entrant. De cette manière, lorsqu'il y a explosion dans l'intérieur de la lampe, la flamme qui en résulte s'éteint ou perd considérablement de son intensité : 1° par suite de la présence de gaz non inflammables ; 2° parce que les portions de toile métallique servant à l'entrée de l'air et vers lesquelles se porte ordinairement l'explosion, sont très-éloignées de la flamme de la lampe ; 3° parce que, ces portions de toile métallique se trouvant disposées perpendiculairement l'une à l'autre, le courant de gaz enflammé qui pourrait traverser la première, viendrait s'éteindre dans le gaz inexplosif, avant d'avoir pu changer de direction, pour traverser la seconde.

FIN DU RECUEIL.



TABLE

DES MÉMOIRES ET RAPPORTS CONTENUS DANS CE RECUEIL.